



Universidad
Carlos III de Madrid

Departamento de Ingeniería Mecánica

PROYECTO FIN DE CARRERA

ESTACIÓN DE BOMBEO PARA AGUA DE RIEGO

Autor: Mario González Collados

Tutor: José Luis Pérez Díaz

Leganés, Mayo de 2014

INDICE

1.	OBJETO DEL PROYECTO.....	3
2.	EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.....	4
3.	NORMAS, REGLAMENTOS Y DISPOSICIONES.	5
4.	RED HIDRÁULICA	12
4.1.	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	12
4.2.	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS. NECESIDADES DE SERVICIO.	12
4.3.	BOMBAS SELECCIONADAS. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS.	13
4.4.	ACUEDUCTOS.	14
4.4.1.	CIRCUITO DE ASPIRACIÓN.	14
4.4.2.	CIRCUITO DE IMPULSIÓN.....	18
4.5.	SISTEMA DE CONTROL	19
5.	POTENCIA ELÉCTRICA INSTALADA Y JUSTIFICACIÓN DE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO .	22
6.	TENSIÓN Y TIPO DE CONEXIÓN	24
7.	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	25
7.1.	INSTALACIÓN DE ENLACE	25
7.2.	CUADROS GENERALES DE PROTECCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA. JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ARRANCADA DE LOS EQUIPOS.....	25
7.3.	CANALIZACIONES	28
7.3.1.	ACOMETIDA AL CUADRO DE BOMBAS.....	28
7.3.2.	ACOMETIDA AL CUADRO OFICINAS.	29
7.3.3.	SALIDAS DESDE LOS CUADROS DE BAJA TENSIÓN	29
7.4.	DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS.....	31
7.4.1.	CUADRO DE BOMBAS.....	32
7.4.2.	CUADRO OFICINAS.....	33
7.4.3.	ACOMETIDAS A MOTORES Y EQUIPOS.	34
8.	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.	36
9.	CONCLUSIONES.....	38
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	39
11.	ANEXOS.....	40
11.1.	ANEXO 1. CÁLCULOS HIDRÁULICOS	40
11.1.1.	FÓRMULAS.....	40
11.1.2.	DÍAMETRO TUBERIAS.....	41

11.2.	ANEXO 2. CÁLCULOS BAJA TENSION	42
11.2.1.	FÓRMULAS.....	42
11.2.2.	FÓRMULAS CORTOCIRCUITO.	43
11.2.3.	DEMANDA DE POTENCIAS.	45
11.2.4.	CÁLCULO DE LÍNEAS.....	47
11.2.5.	RESUMEN.....	59
11.2.6.	CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA.	61
12.	ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD	62
12.1.	ALCANCE	62
12.1.1.	INSTALACIONES ELECTRICAS PROVISIONALES	62
12.2.	DISPOSICIONES LEGALES DE APLICACIÓN.	63
12.3.	ANALISIS DE RIESGOS.....	66
12.3.1.	RIESGOS GENERALES.....	67
12.3.2.	RIESGOS ESPECIFICOS.	68
12.3.3.	MAQUINAS Y MEDIOS AUXILIARES.	71
12.3.4.	TRABAJOS CON / EN PRESENCIA DE ELECTRICIDAD.....	79
12.4.	MEDIDAS PREVENTIVAS.....	81
12.4.1.	PROTECCIONES COLECTIVAS.	81
12.4.2.	PROTECCIONES PERSONALES.....	92
12.4.3.	REVISIONES TECNICAS DE SEGURIDAD.....	97
12.5.	INSTALACIONES ELECTRICAS PROVISIONALES.	98
12.5.1.	RIESGOS PREVISIBLES.	98
12.5.2.	MEDIDAS PREVENTIVAS.	98
13.	PLIEGO DE CONDICIONES	101
13.1.	PARTE HIDRAÚLICA	101
13.2.	PARTE ELECTRICA.....	180
14.	PRESUPUESTO	221
14.1.	INSTALACIÓN HIDRÁULICA	221
14.2.	INSTALACIÓN BAJA TENSIÓN.....	226
15.	PLANOS	231

1. OBJETO DEL PROYECTO.

El objeto del presente Proyecto es obtener el título de Ingeniero Técnico Industrial en la especialidad de Electrónica Industrial, no pudiendo ser utilizado para otro propósito.

Se van a definir y justificar, con criterio técnico-económico, los materiales y dimensiones de los elementos a utilizar en la realización de las infraestructuras eléctricas e hidráulicas que se exponen en la presente memoria.

Las instalaciones proyectadas consistirán en la construcción de las infraestructuras eléctricas de Baja Tensión que proveerá de suministro eléctrico a las instalaciones hidráulicas proyectadas. Dichas instalaciones se componen de:

- Estación de bombeo.
- Acueductos.
- Acometidas y alimentación a diferentes bombas e infraestructuras.
- Cuadros eléctricos.

El presente proyecto desarrolla las características que tienen que cumplir las redes hidráulicas y eléctricas, así como la infraestructura a realizar en los Centros de Transformación y Bombeo. El Centro de Transformación es necesario para dotar de energía en Baja Tensión a los equipos utilizados para el bombeo de agua mientras que la Estación de Bombeo se utiliza para abastecer de agua una balsa ya construida. Se procederá a definir y justificar, con criterio técnico-económico, los materiales y dimensiones de los elementos a utilizar en la realización de las infraestructuras eléctricas e hidráulicas que se exponen en la presente memoria.

2. EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.

Las infraestructuras del presente proyecto se encuentran junto al Embalse del Arquillo de San Juan, que se puede ver en la figura 1 construido sobre el cauce del río Guadalaviar en 1962. De aquí se extrae el agua para llevarla a una balsa de agua de riego ya existente y también próxima a dicho embalse.

Emplazamiento: Carretera San Blas – Camino del Pantano, Km 4,5
Termino municipal de San Blas (Teruel)

Coordenadas:

- Latitud: 40° 22' 6'' N
- Longitud: 1° 12' 28'' W



Figura 1. – Embalse del Arquillo de San Blas

3. NORMAS, REGLAMENTOS Y DISPOSICIONES.

En la redacción de este Proyecto y posterior ejecución de la Instalación, son de obligado cumplimiento los vigentes Reglamentos y Normativas de ámbito Nacional y Autonómico, en concreto:

En la redacción del presente Proyecto se tendrán en cuenta todas las disposiciones vigentes que pudieran afectar a este tipo de actividad, y muy especialmente las siguientes:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias:
 - ITC-BT-01 Terminología.
 - ITC-BT-02 Normas de referencia en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
 - ITC-BT-03 Instaladores autorizados.
 - ITC-BT-04 Documentación y puesta en servicio de las instalaciones.
 - ITC-BT-05 Verificaciones e inspecciones.
 - ITC-BT-07 Redes subterráneas para distribución en Baja Tensión.
 - ITC-BT-08 Sistemas de conexión del neutro y de las masas en redes de distribución de energía eléctrica.
 - ITC-BT-10 Previsión de cargas para suministros en Baja Tensión.
 - ITC-BT-11 Redes de distribución de energía eléctrica. Acometidas.
 - ITC-BT-12 Instalaciones de enlace. Esquemas.
 - ITC-BT-13 Instalaciones de enlace. Cajas generales de protección.
 - ITC-BT-14 Instalaciones de enlace. Línea general de alimentación.
 - ITC-BT-17 Instalaciones de enlace. Dispositivos generales e individuales de mando y protección. Interruptor de control de potencia.
 - ITC-BT-18 Instalaciones de puesta a tierra.
 - ITC-BT-19 Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales.
 - ITC-BT-20 Instalaciones interiores o receptoras. Sistemas de instalación.
 - ITC-BT-21 Instalaciones interiores o receptoras. Tubos y canales protectoras.

- ITC-BT-22 Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobreintensidades.
 - ITC-BT-23 Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobretensiones.
 - ITC-BT-24 Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra los contactos directos e indirectos.
 - ITC-BT-33 Instalaciones con fines especiales. Instalaciones provisionales y temporales de obras.
 - ITC-BT-35 Instalaciones con fines especiales. Establecimientos agrícolas y hortícolas.
 - ITC-BT-43 Instalación de receptores. Prescripciones generales.
 - ITC-BT-44 Instalación de receptores. Receptores para alumbrado.
 - ITC-BT-47 Instalación de receptores. Motores.
 - ITC-BT-51 Instalaciones de sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificios.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y regularidad en el suministro de energía eléctrica.
 - Normas particulares de la Compañía Suministradora.
 - Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.
 - Normas de Seguridad e Higiene en el trabajo, y la legislación referente a maquinaria. Tal y como se describe en el Estudio básico de seguridad y salud.
 - Ajustarse a las siguientes normas DIN y UNE. Así como a equivalentes en normas VDE ó ANSI para equipos y materiales de procedencia extranjera:
 - UNE 24042 “Contratación de Obras. Condiciones Generales”
 - UNE-EN 10020:2001 Definición y clasificación de los tipos de aceros.
 - 2009/125/EC ErP dentro del marco legal del “eco-diseño” según normativa IEC 60034-30:2008, en la cual, recogiendo la Regulación EC 640/2009 se definen el alcance y los nuevos niveles de rendimiento mínimo para los motores.
 - UNE-EN 60034-1:2011 Máquinas eléctricas rotativas. Parte 1: Características asignadas y características de funcionamiento.

- UNE 20107-1:1973 Motores asíncronos trifásicos cerrados con refrigeración exterior y rotor bobinado, fijados por medio de bridas. Dimensiones de montaje y coordinación de potencias.
- UNE 20108-1:1973 Motores asíncronos trifásicos protegidos con refrigeración interior y rotor bobinado, fijados por medio de bridas. Dimensiones de montaje y coordinación de potencias.
- UNE 20111-5:1989 Máquinas eléctricas rotativas. Grado de protección proporcionado por las envolventes.
- UNE 20112-1:1974 Máquinas eléctricas rotativas. Símbolos de formas de construcción y montaje. Código Simple.
- UNE 20113-1:1995 Máquinas eléctricas rotativas. Parte 1: Características asignadas y características de funcionamiento.
- UNE 20121:1975 Máquinas eléctricas rotativas. Límites de ruido admisibles.
- UNE 20324:1993 Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP). (CEI 529:1989).
- UNE-EN ISO 2858:2011 Bombas centrífugas de aspiración axial (presión nominal 16 bar). Designación, punto de funcionamiento nominal y medidas. (ISO 2858:1975)
- Bombas Centrífugas según normas DIN 24255 - EN 733
- UNE-EN 1092-1:2002 Bridas y sus uniones. Bridas circulares para tuberías, grifería, accesorios y piezas especiales, designación PN. Parte 1: Bridas de acero.
- UNE-EN ISO 3661:2011 Bombas centrífugas de aspiración axial. Medidas de las bancadas y de su instalación. (ISO 3661:1977)
- UNE-EN 809:1999+A1:2010/AC:2010 Bombas y grupos motobombas para líquidos. Requisitos comunes de seguridad.
- UNE-EN ISO 9905:1999/A1:2011 Especificaciones técnicas para bombas centrífugas. Clase I. Modificación 1 (ISO 9905:1994/AMD 1:2011).
- EN ISO 9906:1999 Bombas rotodinámicas. Ensayos de rendimiento hidráulico de aceptación. Clases 1 y 2. (ISO 9906:1999). (Ratificada por AENOR en agosto de 2000).
- UNE-EN 12756:2002 Juntas de estanquidad mecánicas. Dimensiones principales, designación y códigos de materiales.

- UNE-EN 12483:1999 Bombas para líquidos. Grupos motobomba con inversores de frecuencia. Ensayos de garantía y compatibilidad.
- UNE-EN 10217-1:2003 Tubos de acero soldados para usos a presión. Condiciones técnicas de suministro. Parte 1: Tubos de acero no aleado con características especificadas a temperatura ambiente.
- UNE-EN 10240:1998 Recubrimientos de protección internos y/o externos para tubos de acero. Especificaciones para recubrimiento galvanizados en caliente aplicados en plantas automáticas.
- UNE 16548:1993 Herramientas de corte para tubos. Corta tubos para tubos de acero. Nomenclatura, especificaciones y ensayos.
- UNE-EN 12954:2002 Protección catódica de estructuras metálicas enterradas o sumergidas. Principios generales y aplicación para tuberías.
- UNE-EN ISO 19879:2010 Accesorios de tubos metálicos para transmisiones hidráulicas y neumáticas y aplicaciones generales. Métodos de ensayo de los accesorios para transmisiones hidráulicas. (ISO 19879:2010).
- UNE-EN 10312:2003/A1:2006 Tubos de acero inoxidable soldados para la conducción de agua y otros líquidos acuosos. Condiciones técnicas de suministro.
- UNE-EN 10339:2008 Tubos de acero para canalizaciones enterradas y sumergidas. Revestimientos internos de resina epoxi aplicados en estado líquido para la protección contra la corrosión.
- UNE-EN 10289:2003 Tubos y accesorios de acero para canalizaciones enterradas y sumergidas. Recubrimientos externos a base de resina epoxi o resina epoxi modificada aplicados en estado líquido.
- UNE-EN 10329:2008 Tubos de acero y sus accesorios para conducciones enterradas o sumergidas. Revestimientos externos de las juntas realizados en obra.
- UNE-EN 10311:2006 Uniones para la conexión de tubos de acero y sus accesorios para la conducción de agua y otros líquidos acuosos.
- UNE-EN 736 Válvulas – Terminología. Definición de tipos de válvulas.
- UNE-EN 1074-1:2001 Válvulas para el suministro de agua. Requisitos de aptitud al uso y ensayos de verificación apropiados. Parte 1: Requisitos generales.

- UNE-EN 1267:2012 Válvulas industriales. Ensayo de resistencia al flujo utilizando agua como fluido de ensayo.
- UNE-EN 19:2002 Válvulas industriales. Marcado de válvulas metálicas.
- UNE-EN ISO 4126-1:2004 Dispositivos de seguridad para la protección contra la presión excesiva. Parte 1: Válvulas de seguridad. (ISO 4126-1:2004)
- UNE-EN ISO 4126-1:2004 Dispositivos de seguridad para la protección contra la presión excesiva. Parte 1: Válvulas de seguridad. (ISO 4126-1:2004)
- UNE-EN 12266-1:2003 Válvulas industriales. Ensayo de válvulas. Parte 1: Ensayos de presión, procedimientos de ensayo y criterios de aceptación. Requisitos obligatorios.
- UNE-EN 12334:2001 Válvulas industriales. Válvulas antirretorno de fundición.
- UNE-EN 12516-1:2005 Válvulas industriales. Resistencia mecánica de la envolvente. Parte 1: Método de tabulación para las envolventes de válvulas de acero.
- UNE-EN 12516-2:2005 Válvulas industriales. Resistencia mecánica de la envolvente. Parte 2: Método de cálculo para las envolventes de válvulas de acero.
- UNE-EN 12516-3:2003 Válvulas industriales. Resistencia mecánica de la envolvente. Parte 3: Método experimental.
- UNE-EN 12516-4:2009 Válvulas industriales. Resistencia mecánica de la envolvente. Parte 4: Método de cálculo para envolventes de materiales metálicos distintos del acero.
- UNE-EN 14341:2007 Válvulas industriales. Válvulas antirretorno de acero.
- UNE-EN 1983:2007 Válvulas industriales. Válvulas esféricas de acero.
- UNE-EN 1984:2010 Válvulas industriales. Válvulas de compuerta de acero.
- UNE-EN 593:2009+A1:2011 Válvulas industriales. Válvulas metálicas de mariposa.
- UNE-EN 60947 Aparata de baja tensión.
- UNE 211024:2013 Accesorios de conexión. Elementos de conexión para redes subterráneas de distribución de baja y media tensión hasta 18/30 (36) kV.

- UNE-EN 60719:1994 Cálculo de los valores mínimos y máximos de las dimensiones exteriores medias de los cables con conductores circulares de cobre de tensión nominal hasta 450/750V.
- UNE 20460-5 Instalaciones eléctricas en edificios.
- UNE 21123-5:1999 Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1kV. Parte 5: Cables con aislamiento de etileno propileno y cubierta de poliolefina.
- UNE 200007:2007 IN Accesibilidad en las interfaces de las instalaciones eléctricas de baja tensión.
- UNE-EN 62271-202:2007 Apararmenta de alta tensión. Parte 202: Centros de transformación prefabricados de alta tensión/baja tensión.
- Cualquier otra ley, norma o reglamento señalado al efecto por las autoridades locales o nacionales competentes.

En la redacción de este Proyecto y posterior ejecución de la Instalación, son de obligado cumplimiento los vigentes Reglamentos y Normativas de ámbito Nacional y Autonómico, en concreto:

- Real Decreto 849/1986 de 11 de Abril, por el que se aprueba el Reglamento de Dominio Público Hidráulico que desarrolla los títulos preliminar, I, IV, V , VI, VII y VIII del texto refundido de la ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001 de 20 de Julio
- Real Decreto 670/2013, de 6 de septiembre, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, en materia de registro de aguas y criterios de valoración de daños al dominio público hidráulico.
- Real Decreto 3151/1968 de 28 de Noviembre, por el que se aprueba el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.
- Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, así como las Órdenes de 6 de julio de 1984, de 18 de octubre de 1984 y de 27 de noviembre de 1987, por las que se aprueban y actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento.

- Orden de 10 de Marzo de 2000, modificando ITC MIE RAT en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica.
- Recomendaciones UNESA.
- Normas Tecnológicas de la Edificación NTE IER. Establecidas por el Decreto 3565/1972, de 22 de diciembre, del Ministerio de la Vivienda.
- Ley 10/1996, de 18 de marzo sobre Expropiación Forzosa y sanciones en materia de instalaciones eléctricas y Reglamento para su aplicación, aprobado por Decreto 2619/1966 de 20 de octubre.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.

4. RED HIDRÁULICA

4.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Se ha diseñado una estación de bombeo para agua de riego que dará servicio a la comunidad de regantes de San Blas, Teruel, abasteciéndose de agua proveniente del embalse del Arquillo de San Blas. La estación se compone fundamentalmente de ocho electrobombas dispuestas de forma paralela para poder hacer frente a fluctuaciones en la demanda de caudal, a medida que aumenta la demanda de caudal en la red, irán entrando en funcionamiento una a una, pudiendo aportar desde 90 l/s hasta los 2050 l/s a pleno rendimiento. De esta manera se puede satisfacer las demandas de caudal para reabastecer de suministro de agua una balsa ya construida.

Tres de las ocho electrobombas serán de 132 kW de potencia y las otras cinco de 182 kW. Una de las bombas de 132 kW de potencia será de repuesto, por lo que únicamente se contempla como máximo el funcionamiento simultáneo de 7 de las 8 bombas, 5 de potencia 182 kW, y dos de potencia 132 kW.

Se describen a continuación la red de tuberías y elementos necesarios para el óptimo transporte de agua de riego.

4.2. CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS. NECESIDADES DE SERVICIO.

La comunidad de regantes de San Blas estima un pico máximo de 1500 l/s de necesidad de caudal para reabastecer la balsa de agua de riego ya construida, con una previsión de crecimiento máximo de un 30%, donde el caudal necesario serían 1950 l/s. La implantación de la estación de bombeo hace frente a esas necesidades y al incremento en un futuro del 30%, ya que como hemos comentado anteriormente la estación puede aportar desde 90 l/s hasta los 2050 l/s a plena carga.

4.3. BOMBAS SELECCIONADAS. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS.

Como ya se ha comentado anteriormente la estación de bombeo se compone esencialmente de ocho electrobombas, tres de 132 kW de potencia y las otras cinco de 182 kW. Una de las bombas de 132 kW de potencia será de repuesto. Así pues tendremos:

- 3 bombas centrífugas de la marca y modelo Ideal Topi CHP 150 – 460, o similar. De cámara partida, una sola etapa, con las bridas de aspiración e impulsión fundidas en su cuerpo inferior para permitir un fácil acceso y desmontaje de las partes móviles evitando la desconexión de las tuberías. Aspiración DN200 PN16, Impulsión DN150 PN16. A 1450 rpm: Altura máxima de bombeo 70m, velocidad máxima 160 l/s.
- 5 bombas centrífugas de la marca y modelo Ideal Topi CHP 250 – 480, o similar. De cámara partida, una sola etapa, con las bridas de aspiración e impulsión fundidas en su cuerpo inferior para permitir un fácil acceso y desmontaje de las partes móviles evitando la desconexión de las tuberías. Aspiración DN300 PN16, Impulsión DN250 PN16. A 1450 rpm: Altura máxima de bombeo 70m, velocidad máxima 360 l/s.

Para evitar fenómenos tales como vacío dentro de la tubería, bolsas de aire que se traducen en una reducción efectiva de la tubería, cavitaciones, desgaste acelerado de los contadores, etc. y disfrutar de un correcto funcionamiento, control y mantenimiento de la estación de bombeo se han de incluir una serie de elementos hidráulicos en la estación:

- Colector de impulsión.
- Colector de aspiración.
- Válvulas de aire.
- Válvulas de compuerta.
- Válvulas de retención.
- Manómetros.

4.4. ACUEDUCTOS.

Todas las tuberías serán de acero liso con un recubrimiento interior de Cinc metálico mediante galvanizado electrolítico por inmersión o metalizado a pistola. Habrá tuberías expuestas a la atmósfera, inmersas en agua dulce y bajo tierra. Las tuberías expuestas a la atmósfera se protegerán de los agentes externos con Cinc metálico mediante galvanizado electrolítico por inmersión o metalizado a pistola. Las tuberías sumergidas en el agua se protegerán con pintura de Cinc mediante la imprimación de una capa de cinc metálico aplicado a pistola con espesor de 2 mm, una capa intermedia de pintura rica en cinc de aglomerante orgánico y un acabado de pintura impermeable. Las tuberías que se encuentren enterradas se protegerán exteriormente con Cinc metálico galvanizado mediante capa de cinc aplicada por inmersión de la tubería en cinc fundido.

4.4.1. CIRCUITO DE ASPIRACIÓN.

Se transportará el agua hasta la estación de bombeo mediante una tubería y sus elementos auxiliares. Estará sumergida en un tramo máximo de 15m cuando el embalse esté al 100% de su capacidad. Al final del recorrido se une al colector de aspiración de la estación de bombeo. La tubería debe tener unas características tales que garanticen poder soportar un abastecimiento del total de la necesidad de caudal máxima y sus futuras ampliaciones.

Se favorecerá la protección catódica de las tuberías consiguiendo la continuidad eléctrica en el sentido longitudinal y también una buena conductividad por soldadura de los elementos metálicos mediante el método de ánodos de sacrificio.

Calculamos la altura, presión diferencial o resistencia que ha de vencer la estación de bombeo es lo que se denomina presión manométrica total. A partir del principio de Bernoulli tenemos:

$$Hm = Hgt + Pc + 10 \frac{Pi - Pa}{\gamma} \quad (1)$$

H_m = Altura manométrica total.

H_{gt} = Altura geométrica total.

P_c = Perdidas de carga.

$10 \frac{P_i - P_a}{\gamma}$ = Presión diferencial existente.

Las presiones en el embalse y la balsa van a ser prácticamente iguales entre sí y la presión atmosférica, por lo que no se tendrá en cuenta para el cálculo la presión diferencial existente, quedando la expresión de la siguiente forma:

$$H_m = H_{gt} + P_c \quad (2)$$

Así pues, para el caso del circuito de Aspiración debemos calcular la altura de aspiración manométrica H_a :

$$H_a = H_{ga} + P_a \quad (3)$$

En el Anexo 1 se calcula el diámetro que ha de tener la tubería de Aspiración para que trabaje en régimen laminar según un número de Reynolds ≤ 2300 para el caso en el que el caudal demandado sea el máximo. Se obtiene un diámetro normalizado DN1000.

Para poder calcular las pérdidas de carga totales del circuito de aspiración es necesario saber de qué elementos se compone este circuito, después mirando en tablas normalizadas del fabricante, en las que nos dan unas longitudes equivalentes en tubería recta, se la sumaremos a la longitud total de la tubería y las calcularemos.

Los elementos que componen el circuito aspiración a parte de las tuberías de acero son; una válvula de pie conectada a la tubería mediante un codo de 120°, de forma que la válvula quede perpendicular al fondo del embalse. Se evita el fenómeno de Sumergencia gracias al amplio diámetro de la tubería y una sombrilla que incorpora dicha válvula; Dos válvulas de descarga y dos válvulas de aire que ayudarán a regular la presión, limpiar la tubería o vaciarla en caso de que fuera necesario. Así pues tendremos las siguientes equivalencias en tubería recta reflejadas en la Tabla 1.

DIAMETRO	CODO 120°	V. DE PIE	VAL. AIRE	V. DESCAR.	FILTRO
DN1000	8	120	5	15	12

Tabla 1.- Longitudes equivalentes de tubería recta

Así pues sumamos un total de 168m de tubería recta equivalente. Estos metros lo hemos de sumar a los 360 metros que mide la tubería de aspiración en línea recta, haciendo un total de 528 m. Hay fórmulas empíricas para calcular el rozamiento, pero también podemos guiarnos por tablas normalizadas como es nuestro caso. De la figura 2 obtenemos que por cada 100 metros de tubería se añaden 0.5m a la altura total de aspiración. Por lo que las pérdidas de cargas de aspiración P_a en altura serán igual a 2.68m.

De la ecuación (3) podemos sacar la altura de aspiración manométrica total sumándole a las pérdidas de carga de aspiración la altura geométrica de aspiración, que son 30 m. Así pues se obtienen $H_a = 32.68$ m.

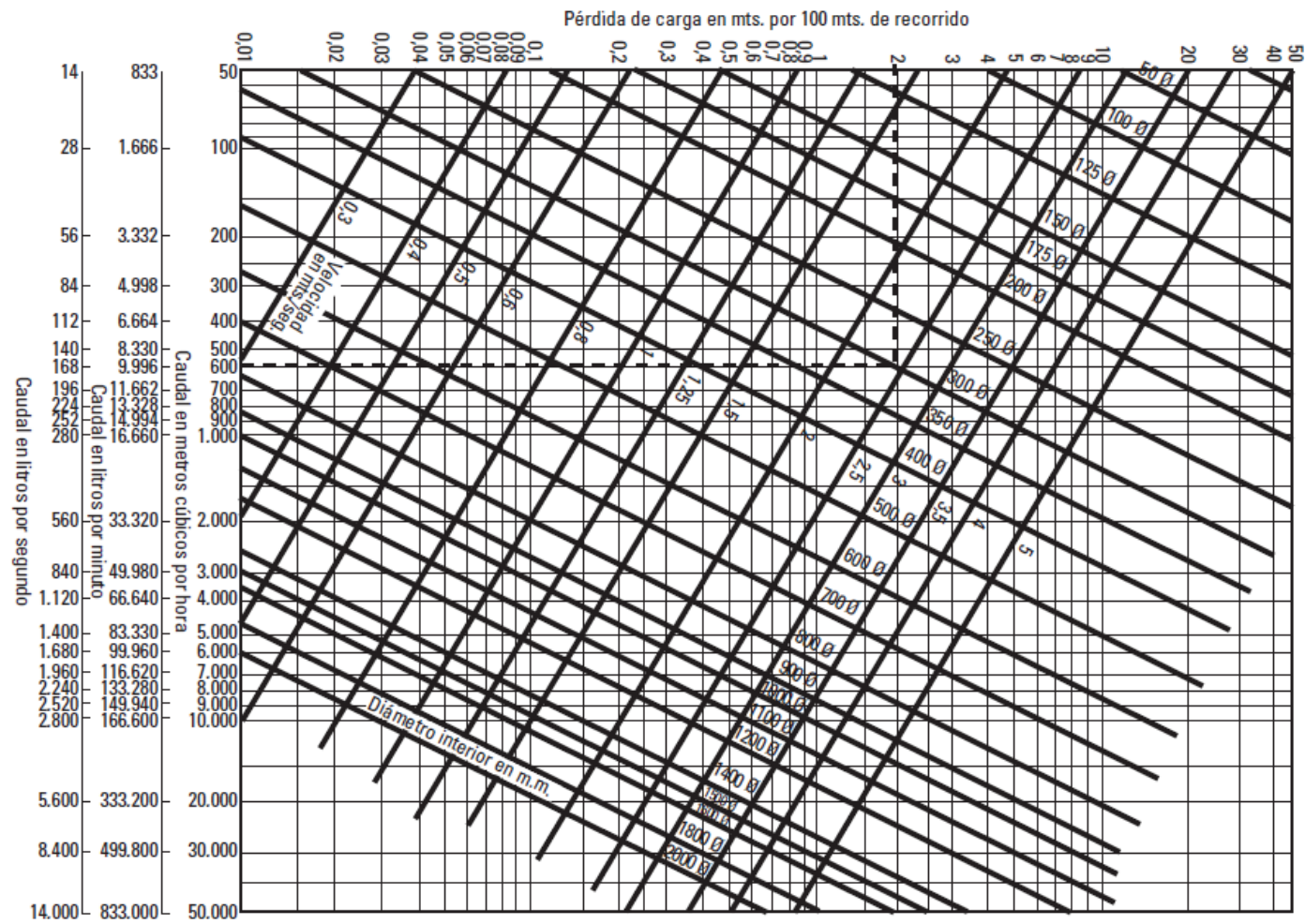


Figura 2.- Pérdidas de carga según diámetro tuberías acero nuevas

4.4.2. CIRCUITO DE IMPULSIÓN

Se transportará el agua hasta la balsa que contendrá el agua de riego mediante una tubería y sus elementos auxiliares. Estará enterrada en un tramo de 10m a través de la balsa soportando una tensión superficial despreciable. Al final del recorrido desemboca en la parte alta de la balsa. La tubería debe tener unas características tales que garanticen poder soportar un abastecimiento del total de la necesidad de caudal máxima y sus futuras ampliaciones.

Se favorecerá la protección catódica de las tuberías consiguiendo la continuidad eléctrica en el sentido longitudinal y también una buena conductividad por soldadura de los elementos metálicos mediante el método de ánodos de sacrificio.

Calculamos la altura, presión diferencial o resistencia que ha de vencer la estación de bombeo de igual manera que en el circuito de aspiración, se denomina presión manométrica total (1)

Las presiones en el embalse y la balsa van a ser prácticamente iguales entre sí y la presión atmosférica, por lo que no se tendrá en cuenta para el cálculo la presión diferencial existente, quedando (2)

Así pues, para el caso del circuito de impulsión debemos calcular la altura de aspiración manométrica H_i :

$$H_i = H_{gi} + P_i \quad (4)$$

En el Anexo 1 se calcula el diámetro que ha de tener la tubería de Impulsión para que trabaje en régimen laminar según un número de Reynolds ≤ 2300 para el caso en el que el caudal demandado sea el máximo. Se obtiene un diámetro normalizado DN1000.

Para poder calcular las pérdidas de carga totales del circuito de impulsión es necesario saber de qué elementos se compone este circuito, después mirando en tablas normalizadas del fabricante, en las que nos dan unas longitudes equivalentes en tubería recta, se la sumaremos a la longitud total de la tubería y las calcularemos.

Los elementos que componen el circuito de impulsión a parte de la tubería de acero son un filtro puesto en la desembocadura para evitar la entrada de animales u objetos que la puedan

taponar y ensuciar; Un caudalímetro a turbina para medir el caudal que llega a la balsa. Este último nos da una un equivalente en longitud recta de tubería de 200m.

Así pues, si nos volvemos a fijar en la Tabla 1 sumamos un total de 212m de tubería recta equivalente. Estos metros lo hemos de sumar a los 50 metros que mide la tubería de impulsión en línea recta, haciendo un total de 262 m. Procediendo de forma análoga que con el circuito de aspiración, de la figura 2 obtenemos que por cada 100 metros de tubería se añaden 0.5m a la altura total de impulsión. Por lo que las pérdidas de cargas de impulsión P_i en altura serán igual a 1.31m.

De la ecuación (3) podemos sacar la altura de impulsión manométrica total sumándole a las pérdidas de carga de impulsión la altura geométrica de impulsión, que son 3 m. Así pues se obtienen $H_i = 4.31$ m.

Una vez llegados a este punto, a partir de (2) podemos sacar la altura manométrica absoluta, que resulta de sumar (3) y (4), quedando un total de 36.99 m.

$$H_m = 36.99m$$

4.5. SISTEMA DE CONTROL

Para el correcto funcionamiento de la Estación de bombeo se dispone de un sistema eléctrico de control, el cual podrá funcionar de dos modos distintos:

- Modo manual, según la acción del operador, supervisado por el autómata.
- Modo automático.

El operador tendrá la capacidad de controlar la instalación eléctrica a través de los selectores de posición de maniobra de los distintos motores. En dicho modo de operación el autómata funcionará en modo de supervisión y tendrá la capacidad de mostrar alarmas del sistema si los parámetros a controlar se encuentran fuera de rango.

Tendrá también la capacidad de proporcionar órdenes de arranque y paro de motores si dichos valores registrados pudieran ser peligrosos para la instalación.

Por lo tanto, se diseñará el sistema para que, en cualquier modo de operación, el autómata supervise el sistema electro-mecánico y su funcionamiento.

En modo automático el sistema eléctrico de la Estación de Bombeo estará controlado por un autómata programable que se encargará de realizar las tareas de mando, control y supervisión de la instalación.

Las principales funciones que implementará el programa de lógica local del autómata serán:

- Automatización y gestión del arranque/parada del bombeo en función del nivel de la balsa asociada
- Vigilancia del estado de la bomba: parada, marcha, automático, fuera de servicio, en fallo.
- Vigilancia y control de los cuatro arrancadores suaves.
- Control de las horas de funcionamiento y número de arranques.
- Medida del caudal instantáneo y volumen (totalizadores).
- Vigilancia del estado del medidor de caudal.
- Medida en continuo del nivel de la balsa.
- Vigilancia del estado del medidor de nivel en continuo y de las sondas de nivel máximo y mínimo.
- Autoajuste del medidor de nivel en continuo.
- Medida en continuo de la presión de impulsión del bombeo
- Vigilancia del estado de los medidores de presión.
- Vigilancia del estado del presostato de seguridad de impulsión del bombeo.
- Vigilancia de los parámetros eléctricos de la estación (tensión, intensidad, energía, potencia).
- Gestión energética: automatización del arranque / parada del bombeo en función de la tarifa eléctrica.

- Envío de alarmas a teléfonos móviles, enlazando variables con mensajes y textos totalmente parametrizables.
- Teleconsulta y telelectura desde teléfono móvil y/o ordenador remoto de estados, con mensajes y textos totalmente parametrizables.
- Telemando para activación de las salidas digitales desde teléfono móvil (mediante mensajes SMS) u ordenador remoto: ordenes de arranque (ON/OFF) o rearme (Reset).
- Función Historical Logger: Registro local en continuo del estado del bombeo, de los parámetros eléctricos y alarmas del último mes en la unidad local, como copia de seguridad de datos redundante.
- Detección del estado de las baterías.
- Generación y registro de alarmas: Nivel captación alto/bajo; Presión impulsión alta/baja; fallo en el bombeo; fallo en los variadores; fallo en los arrancadores; fallo de tensión de alimentación; baterías bajas.

5. POTENCIA ELÉCTRICA INSTALADA Y JUSTIFICACIÓN DE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO

El suministro de energía eléctrica a la Estación de Bombeo se realizará por medio de un Centro de Transformación de 2000 kVA ajeno al proyecto y suministrado por otra compañía, a construir en el interior de un edificio prefabricado, ubicado al lado de la Estación. La tensión nominal de suministro será una tensión trifásica entre fases de 15.000 voltios. La frecuencia de la señal será 50 hercios.

La potencia instalada vendrá dada por la suma de todas las potencias nominales de los diferentes motores o receptores. A continuación se relacionan los consumidores a instalar y las potencias previstas en el Cuadro General de Baja Tensión:

SALIDA N°	MOTOR O RECEPTOR	POTENCIA INSTALADA (KW)
1	Bomba 1	132,00
2	Bomba 2	132,00
3	Bomba 3	185,00
4	Bomba 4	185,00
5	Bomba 5	132,00
6	Bomba 6	185,00
7	Bomba 7	185,00
8	Bomba 8	185,00
9	Valvulería y elementos auxiliares	12,75
17	Ventilación	12
25	Fuerza y Alumbrado	10,20
	TOTAL POTENCIA INSTALADA	1.501,25

La suma total de las potencias instaladas asciende a: 1.501,25 KW.

Teniendo en cuenta que de las ocho bombas funcionarán al mismo tiempo un máximo de siete, siempre habrá una bomba de 132 kW parada y considerando los factores de potencia de 0,86 para las bombas y de 0,9 para el resto de la instalación, a efectos de cálculo de la potencia para dimensionar el transformador, vemos que se ajusta a la instalación:

Total 7 bombas: 1466,5 kW \Rightarrow 1705,23 kVA.

Resto de potencia: 34,75 kW \Rightarrow 38,61 kVA

Potencia total necesaria 1743,84 kVA \Rightarrow TRANSFORMADOR DE 2.000 KVA.

6. TENSIÓN Y TIPO DE CONEXIÓN

La Tensión de suministro, desde el transformador será a 400 Voltios entre fases, en corriente alterna (50 Hercios), y 230 voltios entre fase y neutro. Dichos valores de tensión deberán de ser garantizados con la instalación en carga.

7. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

7.1. INSTALACIÓN DE ENLACE

La acometida desde el transformador al cuadro de baja tensión se realizará a base de conductores unipolares de aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y cubierta de policloruro de vinilo (PVC), tipo RV-k 0,6/1 KV según normativa UNE 21123-5:1999, con 6 conductores por fase de 240 mm² de sección nominal, en cobre para cada una de las 3 fases, y 6 conductores para el neutro de 120 mm² es decir:

$$6 \times (3 \times 1 \times 240 + 1 \times 120) \text{ mm}^2 \text{ Cu RV-k 0.6/1 KV}$$

Tendida por canalización subterránea, y de sección suficiente

El tendido de los conductores se realizará de forma ordenada de manera que no puedan ser dañados. Se realizará una triangulación por ternas, agrupando por conjuntos de conductores de cada una de las fases, esto es R-S-T. Cada conjunto discurrirá por un tubo distinto. Los seis conductores del neutro se agruparán en las tres ternas. Los conductores se conectarán por medio de terminales de conexión del mismo material conductor. El apriete de los mimos se realizará por punzonado con la herramienta correspondiente.

La acometida conectará los bornes de baja tensión del transformador con el interruptor magnetotérmico general del Cuadro General de Baja Tensión.

La tensión nominal de suministro será de 400 voltios, entre fases y 230 voltios entre fase y neutro.

7.2. CUADROS GENERALES DE PROTECCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA. JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ARRANCADA DE LOS EQUIPOS.

Se instalarán dos cuadros de distribución en Baja Tensión que alojarán toda la aparamenta de protección, medida y control de la instalación eléctrica de la Estación de Bombeo. Se Instalará por un lado el Cuadro Bombas, en el que se colocará el interruptor

general de protección del transformador, y por otro se instalará el subcuadro Oficinas, donde se alojarán los elementos de protección de la Oficina.

Al Cuadro Bombas llegará la acometida desde el centro de transformación.

Los cuadros en su conjunto, embarrado, aparamenta, etc., se diseñarán de acuerdo con los valores de la intensidad nominal, tensión e intensidad de cortocircuito.

Estarán contruidos en chapa de acero de al menos 2 mm. de espesor, con los perfiles de refuerzo necesarios. Serán de acceso frontal mediante puertas y tendrán una protección mínima IP-55, pues es posible la presencia de polvo y humedad por las características de la instalación y el emplazamiento del lugar.

Todos los equipos irán montados dentro envolventes sobre bastidores o placas de montaje con acabado galvanizado.

El color de acabado de las envolventes será el estándar, color gris RAL-7032. Los módulos serán de dos metros de altura con un zócalo de doscientos milímetros. La altura total de las envolventes será de 2200 mm. La profundidad será de 800 mm.

Cada envolvente se dimensionará de tal forma que en su interior se puedan instalar todos aquellos elementos que vienen especificados en el esquema unifilar, dejando previsto un 25 % de espacio libre de reserva para futuras ampliaciones. Se unirán los módulos necesarios con juntas de unión apropiadas para garantizar el grado de estanqueidad solicitado.

La construcción estará prevista para montaje contra la pared. Para ello, todos los aparatos y accesorios serán accesibles y desmontables desde el frente.

Cada aparato llevará una etiqueta con su sigla fijada por un método que garantice su duración sin desprenderse.

Las puertas irán conectadas a masa por medio de latiguillos flexibles de 16 mm² de sección mínima. Cada módulo dispondrá de una manivela de cierre.

Los elementos de protección protegerán en todo momento el circuito que precedan frente a:

- Sobreintensidades ó sobrecargas.
- Cortocircuitos.
- Corrientes diferenciales ocasionadas por contactos directos ó indirectos para lo cual:
 - El interruptor estará calibrado para una intensidad inferior a la máxima admisible del conductor que protege, respondiendo frente a las sobrecargas transitorias mediante una adecuada curva de actuación intensidad-tiempo.
 - Con respecto a la protección frente a cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de la instalación donde se encuentren ubicados (según Instrucción Técnica MIBT 020). En este punto de la instalación se garantizará un poder de corte de 50 kiloamperios.
 - Llevará marcadas su intensidad y tensión nominal, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse, y el símbolo que indique las características de desconexión, de acuerdo con la norma que le corresponda, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión (según Instrucción Técnica MIBT 020 del REBT).
 - Los dispositivos de protección tipo interruptor serán de corte omnipolar, y la vida útil será de al menos 100.000 maniobras.
- Las características técnicas serán:
 - Tensión nominal de aislamiento: 660 V.
 - Frecuencia: 50-60 Hz.
 - Intensidad nominal embarrado general: 2500 A.
 - Intensidad de corta duración: 50 KA, 1 seg.
 - Grado de Protección: IP-55.
 - Temperatura media normalizada: - 5° C : + 35° C.

Se realizarán todas aquellas pruebas y ensayos pertinentes en la fase de fabricación en taller y de puesta en marcha en la instalación.

7.3. CANALIZACIONES

Se realizarán los caminos de cables necesarios para tender los cables de potencia y alumbrado y poder llevar suministro eléctrico a los diferentes receptores, utilizando el tipo de canalización más adecuado en función de la zona en dónde vaya colocada.

Toda la instalación eléctrica se realizará bajo canalización cerrada estanca, utilizándose, para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a las proyecciones de agua (IPX4). Los tubos serán de PVC y se instalarán manteniendo la continuidad, con los accesorios necesarios desde el cuadro general de baja tensión hasta la caja de bornas del elemento a alimentar.

Así tendremos acometida al cuadro de bombas, acometida al cuadro de oficinas y salidas desde los cuadros de baja tensión.

7.3.1. ACOMETIDA AL CUADRO DE BOMBAS

La acometida al cuadro Bombas será subterránea y procederá de las bornas del transformador. Dicho transformador, como ya se ha comentado, estará alojado en un edificio anexo al edificio de la estación de bombeo. La longitud de dicha línea no superará, en ningún caso, los quince metros. La canalización será subterránea y consistirá en una zanja de 1,20 de profundidad por 90 cm de anchura, en el que se colocarán nueve tubos de PVC con IP X 4, de 250 mm de diámetro envueltos en un prisma de hormigón en masa HM-15 de 90x90 cm. Encima de este prisma se colocará una cinta de señalización. El resto de la zanja se rellenará con tierra procedente de la excavación compactada a un 95 % del próctor normal.

7.3.2. ACOMETIDA AL CUADRO OFICINAS.

La acometida al Cuadro Oficinas se realizará en montaje superficial bajo tubo de PVC. y procederá del Cuadro Bombas 1. La longitud de dicha línea será de 25 m. Cumplirá con las prescripciones generales para ejecución de canalizaciones bajo tubo protector que se redactan en el punto siguiente.

7.3.3. SALIDAS DESDE LOS CUADROS DE BAJA TENSIÓN

Distinguiremos dos tipos de salidas:

- Acometidas a las bombas y válvulas motorizadas:

La acometida eléctrica hasta las bombas y válvulas motorizadas se realizará mediante canalización subterránea que conectará los cuadros de baja tensión con cada una de las cajas de conexión de los equipos.

La canalización subterránea consistirá una zanja de 70 cm de profundidad por 60 cm de anchura en el que se colocará dos tubos de PVC de 250 mm de diámetro y cuatro tubos de PVC de 50 mm de diámetro envuelto en un prisma de hormigón en masa HM-15 de 40x40 cm. Encima de este prisma y debajo de la solera de la nave se colocará una cinta de señalización. En el final de cada una de zanjas se colocará un codo de PVC 90°, a modo de embocadura, que sobresaldrá 5 cm por encima de la solera para evitar la entrada de agua a la canalización. Asimismo, una vez tendidos los conductores eléctricos a través de los tubos, se sellará el hueco restante mediante dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a las proyecciones de agua (IPX4).

- Acometidas a tomas de corriente, alumbrado, ventiladores y puente grúa:

La acometida a las instalaciones interiores del edificio se realizará en montaje superficial bajo tubo de PVC.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a normas UNE-EN.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.
- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se

quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.
- El grado de resistencia a la corrosión será como mínimo 3.

7.4. DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS.

La instalación de baja tensión se compone básicamente de dos cuadros de distribución de baja tensión y los cables conductores que partiendo de estos cuadros alimentan a los diferentes motores y puntos de consumo de que consta la instalación. Esta instalación se completa con cuatro cuadros de tomas de corriente distribuidos a lo largo de las paredes de la nave, ocho luminarias de descarga de halogenuros metálicos de 400 W para el alumbrado interior de la nave, alumbrado interior de despachos y aseo mediante luminarias fluorescentes de 2x58 W y un foco halógeno de 50 W respectivamente, tomas de corriente en los despachos y cuatro electro-ventiladores de funcionamiento automático mediante control de temperatura.

7.4.1. CUADRO DE BOMBAS.

Este cuadro estará formado por:

- 4 envoltorios metálicos modelo QUIXTRA4000 2000X2400X600 de General Electric o similar, tendrá placa de montaje, grado de protección IP-55, chapa galvanizada con revestimiento de resina epoxy RAL 7032.
- 1 Interruptor general protección salida trazo marca General Electric o similar modelo Entelliguard-2500 corriente máxima de empleo 2500 A de IV polos, poder de Corte de 50 KA, 400 V de tensión de servicio, según normas CEI 60947.2, equipado con transformador y relé diferencial de 300 mA.
- 1 Interruptor automático magnetotérmico marca General Electric o similar, modelo EP60 IV polos 40 A., para protección de línea de alimentación a Cuadro Oficinas.
- 2 Interruptor automático magnetotérmico marca General Electric o similar, modelo EP60 IV polos 30 A., para protección de líneas de alimentación a Ventiladores
- 11 interruptor diferencial marca General Electric o similar modelo FP de IV polos 40 A, 300 mA. Clase AC.
- 8 amperímetros de dimensiones 72x72 de relación X/5 con 1,5 veces la intensidad nominal, dos de 320 A y dos de 400 A.
- 3 transformadores de intensidad para una escala 320/5 A.
- 5 transformadores de intensidad para una escala 400/5 A.
- 2 conmutador de voltímetro para lectura entre fases de 400 V, 16 A, montaje tras cuadro y equipado con fusible de protección de 2 A.
- 3 Seccionadores en carga marca General Electric o similar, de Poder de Corte de 50 KA, IV polos 320 A, para protección de circuitos de Bombas. equipados con transformador y relé diferencial.
- 5 Seccionadores en carga marca Merlin Guerin o similar de, Poder de Corte de 50 KA, IV polos 400 A, para protección de circuitos de Bombas. equipados con transformador y relé diferencial.

- 3 contactores tripolar de 320 A marca Telemecánica o similar modelo LC1 FL220, categoría AC3, tensión de empleo 1000 V, tensión de asilamiento 1000 V, poder de cierre 10 veces la intensidad nominal, poder de corte 8 veces la intensidad nominal, dotado de contactos auxiliares LA1DN11.
- 5 contactores tripolar de 400 A marca Telemecánica o similar modelo LC1 FL220, categoría AC3, tensión de empleo 1000 V, tensión de asilamiento 1000 V, poder de cierre 10 veces la intensidad nominal, poder de corte 8 veces la intensidad nominal, dotado de contactos auxiliares LA1DN11.
- 5 arrancadores estáticos para bombas de 185 kw, marca Power Electronics o similar, modelo V50580 400 A. 400 V., equipado con módulo de comunicación serie RS232/485, control de bombas, control dinámico de par función by-pass y analizador permanente en la pantalla.
- 2 arrancadores estáticos para bombas de 132 kw, marca Power Electronics o similar, modelo V50580 400 A. 400 V., equipado con módulo de comunicación serie RS232/485, control de bombas, control dinámico de par función by-pass y analizador permanente en la pantalla.
- 1 Variador de frecuencia para bomba de 132 kw, marca Power Electronics o similar, modelo SDRIVE 700, 260 A, 400 V. frecuencia de modulación 4 a 8 KHz.
- 3 Inductancias trifásicas de 132 kW.
- 5 inductancias trifásicas de 185 kW.
- 16 Interruptores automáticos magnetotérmicos marca Merlin Gerin o similar, modelo C60 N curva “C” IV polos 16 A., para protección de válvulas de motores.
- 16 contactores tripolares de 16 A dotados de contactos auxiliares para protección de válvulas de motores.
- 16 relés térmicos 16 A reg.3,2-4 A. para protección de motores.

7.4.2. CUADRO OFICINAS.

Este cuadro estará formado por:

- Envolverte estanca de dimensiones 380x220x140, grado de protección IP-55,
- Un Interruptor automático magnetotérmico marca Merlin Gerin o similar, modelo C60 N curva “C” IV polos 40 A., en cabecera.
- Un Interruptor automático magnetotérmico marca Merlin Guerin o similar, modelo C60 N curva “C” IV polos 30 A., para protección de los circuitos de los cuadros de tomas de corriente de la nave y el del puente grúa.
- Un Interruptor automático magnetotérmico marca Merlin Guerin o similar, modelo C60 N curva “C” 2 polos 30 A., para protección de los circuitos del alumbrado de la nave.
- Dos Interruptor automático magnetotérmico marca Merlin Guerin o similar, modelo C60 N curva “C” 2 polos 16 A., para protección de los circuitos de oficinas y aseos.
- Un Interruptor automático magnetotérmico marca Merlin Guerin o similar, modelo C60 N curva “C” 2 polos 10 A., para protección de los circuitos de oficinas y aseos.
- Un Interruptor automático magnetotérmico marca Merlin Guerin o similar, modelo C60 N curva “C” IV polos 16 A., para protección de los cuadros T.C.
- Un Interruptor automático magnetotérmico marca Merlin Guerin o similar, modelo C60 N curva “C” IV polos 20 A., para protección del Puente Grúa.
- Dos interruptores diferenciales marca Merlin Guerin o similar modelo ID de 2 polos 40 A, 30 mA. Clase AC.
- Un interruptor diferencial marca Merlin Guerin o similar modelo ID de IV polos 40 A, 300 mA. Clase AC.

7.4.3. ACOMETIDAS A MOTORES Y EQUIPOS.

Las acometidas se realizarán a base de conductores multipolares de aislamiento exterior de polietileno reticulado y cubierta interior de PVC, tipo RV-k 0,6/1 KV en cobre. Estarán fabricados según norma UNE 21123. Su sección se corresponderá con la definida en el esquema unifilar del Proyecto.

El tendido de los conductores se realizará de forma ordenada de manera que no puedan ser dañados. Los conductores se conectarán por medio de terminales de conexión del mismo material conductor. El apriete de los mismos se realizará por punzonado con la herramienta correspondiente.

El acceso a la caja de bornas del motor ó equipo se realizará bajo la canalización correspondiente.

La instalación a realizar en cada una de las líneas será:

- Suministro y montaje de canalizaciones
- Suministro y tendido de conductor eléctrico de potencia, tipo RV-k, aislamiento 0,6/1 KV.
- Puesta a tierra del motor ó equipo.
- Pruebas y puesta en marcha.

Se comprueba que la caída de tensión desde el centro de transformación hasta el último equipo consumidor de energía no superará un 5 %, en base a:

- * Líneas principales 1%.
- * Líneas de alimentación a equipos consumidores 4%.

Se tendrá en cuenta que la intensidad máxima que va a circular por el conductor (Intensidad nominal del motor o equipo I_n) es menor que la intensidad máxima que puede circular por él ($I_{m\acute{a}x.}$), es decir: $I_n < I_{m\acute{a}x.}$

Se tendrán en cuenta los factores de reducción de la capacidad de conducción de los cables dependientes de su forma de instalación indicados en la Instrucción Técnica MIE BT 007.

8. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

Con el objeto de limitar la tensión que con respecto a tierra puedan presentar, en un momento dado, las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que eventualmente pueda producirse por una avería del material utilizado, se realizará una instalación de puesta a tierra.

Para su instalación se tendrá en cuenta las instrucciones MIE-BT 039 de instalaciones de puesta a tierra, del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Se instalará una red de tierras del tipo TT, que según la Instrucción MIE-BT 008, capítulo 1, punto 1.2, corresponde a "Puesta de neutro directamente a tierra en redes de distribución de energía eléctrica, del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión del Ministerio de Industria y Energía".

Este esquema de distribución de la red de tierras, supone:

T: Conexión directa de un punto de la alimentación a tierra.

T: Masas conectadas directamente a tierra, independientemente de la eventual puesta a tierra de la alimentación.

Su diseño comprende la puesta a tierra de todas las carcasas, elementos metálicos de apoyo, estructuras y demás masas metálicas que integran partes fundamentales de la instalación eléctrica, a la red de toma de tierra.

Estas masas y elementos metálicos se conectarán al circuito de puesta a tierra existente por derivación del mismo.

En todos los casos, las líneas de protección estarán formadas por conductores aislados, del mismo nivel de aislamiento que el de las fases activas de los conductores de alimentación o cable aislado amarillo-verde en el caso de derivaciones desde el anillo principal de tierra a cada equipo o receptor.

Todas las partes activas de las instalaciones dispondrán de un aislamiento apropiado, capaz de conservar sus propiedades con el tiempo.

Si la medición se ajusta por debajo de los valores establecidos por el REBT, se realizará la instalación de toma de tierra que se indica en planos.

Se conectará a tierra todas las bancadas metálicas de los equipos, y en caso de ser estas lo suficientemente grandes se realizaría por dos puntos diferentes.

Se conectarán en general todas las partes metálicas no activas de la instalación.

Será necesario instalar una caja puente pruebas de toma de tierra, cuya misión será la de seccionar la instalación de puesta a tierra del electrodo de puesta a tierra y comprobar que los valores son los adecuados.

Una vez realizada la instalación de puesta a tierra se efectuarán medidas de aislamiento y rigidez dieléctrica, anotándose el valor medido y la fecha en la que se efectuó la medición en la tapa de la caja de seccionamiento de tierras.

Para proteger la instalación de las posibles incidencias atmosféricas se instalará un pararrayos electro atmosférico sustentado por un mástil de 3 metros de longitud en la parte superior del edificio. Se instalará una puesta a tierra independiente de la red de tierras de protección de la instalación de Baja Tensión.

9. CONCLUSIONES.

Considerando que los datos apuntados en el presente proyecto concuerdan con las normas y disposiciones previstas por los vigentes reglamentos e instrucciones técnicas complementarias, se estima servirá para conseguir el objeto para el cual se ha desarrollado.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Lázaro López de Andrés. *Manual de Hidráulica*. Publicaciones de la Universidad de Alicante. [Textos Docentes].
- José García Trasancos. *Instalaciones eléctricas en media y baja tensión: adaptado al nuevo RBT (BOE 2002)*. [Ed. Thomson Paraninfo].
- Bombas IDEAL, S. A. *Datos técnicos de Hidráulica. Bombas*. [Internet: <http://www.bombasideal.com/>].
- GE Power Controls Ibérica. *Catálogo de Distribución y Control para baja tensión*. [Internet: <http://www.gepowercontrols.com/>]
- Asociación Española de Normalización y Certificación. [Internet: <http://www.aenor.es/>].
- *Reglamento eléctrico para Baja Tensión*. [Internet: <http://www.boe.es/>]

11. ANEXOS

11.1. ANEXO 1. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

11.1.1. FÓRMULAS

Principio de Bernoulli

$$z + \frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} = cte$$

A partir de la conservación de la Cantidad de movimiento para fluidos incompresibles se puede escribir una forma más general que tiene en cuenta fricción y trabajo:

$$z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} = z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + P_{C(a,i)}$$

Siendo,

z = altura desde una cota de referencia

V^2 = Velocidad del fluido en la sección considerada

g = 9,8 m/s²

P = Presión en la línea de corriente

ρ = densidad del fluido.

P_c = Pérdidas de carga

Altura manométrica y pérdidas de carga

A partir del principio de Bernoulli, obtenemos:

$$H_m = Z_g + \frac{P_i - P_a}{\gamma} + P_c$$

Siendo,

Hm = Altura manométrica total.

Zg = Altura geométrica total.

Pc = Perdidas de carga.

$\frac{P_i - P_a}{\gamma}$ = Presión diferencial existente.

Caudal de agua en una tubería

$$Q = vA$$

Siendo,

Q = Caudal en m³/s

v = velocidad en m/s

A = Área transversal

Número de Reynolds

$$Re = \frac{\rho D v}{\eta}$$

Siendo,

Re = número de Reynolds

v = velocidad en m/s

ρ = densidad del fluido.

D= diámetro del tubo.

η = viscosidad dinámica del fluido

11.1.2. DIÁMETRO TUBERIAS

$$-Q = 1950 \text{ l/s} = 1,95 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = v \frac{\pi D^2}{4} \quad \rightarrow \quad v = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

De la ecuación de número de Reynolds para el agua a 20°C los datos son densidad $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$ y viscosidad $\eta=1.002 \cdot 10^{-3} \text{ kg/(ms)}$. Por lo que tendremos:

$$D = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{v}$$

Con lo que se obtiene un sistema de 2 ecuaciones con 2 incógnitas. Mediante la siguiente tabla sacamos los resultados para que $Re < 2300$ y el sistema se encuentre en régimen laminar:

DN	Velocidad (m/s)	Re
800	$3,879 \cdot 10^{-6}$	2685
1000	$2,482 \cdot 10^{-6}$	2177
1200	$1,724 \cdot 10^{-6}$	1894
1500	$1,103 \cdot 10^{-6}$	1651

Con lo que las tuberías serán de diámetro nominal DN 1000.

11.2. ANEXO 2. CÁLCULOS BAJA TENSION

11.2.1. FÓRMULAS

Sistema Trifásico

$$I = Pc / 1,732 \times U \times \cos\phi \times R = \text{amp (A)}$$

$$e = (L \times Pc / k \times U \times n \times S \times R) + (L \times Pc \times Xu \times \text{Sen}\phi / 1000 \times U \times n \times R \times \cos\phi) = \text{voltios (V)}$$

Sistema Monofásico:

$$I = Pc / U \times \cos\phi \times R = \text{amp (A)}$$

$$e = (2 \times L \times Pc / k \times U \times n \times S \times R) + (2 \times L \times Pc \times Xu \times \text{Sen}\phi / 1000 \times U \times n \times R \times \cos\phi) = \text{voltios(V)}$$

En donde:

Pc = Potencia de Cálculo en Watios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios.

K = Conductividad. Cobre 56. Aluminio 35.

I = Intensidad en Amperios.

U = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).

S = Sección del conductor en mm².

Cos φ = Coseno de φ . Factor de potencia.

R = Rendimiento. (Para líneas motor).

n = N° de conductores por fase.

Xu = Reactancia por unidad de longitud en mΩ/m.

11.2.2. FÓRMULAS CORTOCIRCUITO.

$$* I_{pccI} = C_t U / \sqrt{3} Z_t$$

Siendo,

I_{pccI} : intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

C_t : Coeficiente de tensión obtenido de condiciones generales de c.c.

U: Tensión trifásica en V, obtenida de condiciones generales de proyecto.

Z_t : Impedancia total en mohm, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).

$$* I_{pccF} = C_t U_F / 2 Z_t$$

Siendo,

I_{pccF} : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

C_t : Coeficiente de tensión obtenido de condiciones generales de c.c.

U_F : Tensión monofásica en V, obtenida de condiciones generales de proyecto.

Z_t : Impedancia total en mohm, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen mas la propia del conductor o línea).

* La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = (R_t^2 + X_t^2)^{1/2}$$

Siendo,

R_t : $R_1 + R_2 + \dots + R_n$ (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

X_t : $X_1 + X_2 + \dots + X_n$ (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$R = L \cdot 1000 \cdot CR / K \cdot S \cdot n$ (mohm)

$R = X_u \cdot L / n$ (mohm)

R: Resistencia de la línea en mohm.

X: Reactancia de la línea en mohm.

L: Longitud de la línea en m.

CR: Coeficiente de resistividad, extraído de condiciones generales de c.c.

K: Conductividad del metal; $K_{Cu} = 56$; $K_{Al} = 35$.

S: Sección de la línea en mm².

X_u : Reactancia de la línea, en mohm, por metro.

n: n° de conductores por fase.

$$* t_{mcicc} = C_c \cdot S^2 / I_{pcc} F^2$$

Siendo,

t_{mcicc} : Tiempo máximo en sg que un conductor soporta una I_{pcc} .

C_c = Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

S: Sección de la línea en mm².

$I_{pcc} F$: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$* t_{ficc} = cte. fusible / I_{pcc} F^2$$

Siendo,

t_{ficc}: tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

I_{pccF}: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$* L_{max} = 0,8 \cdot U_F / 2 \cdot I_{F5} \cdot \sqrt{(1,5 / K \cdot S \cdot n)^2 + (X_u / n \cdot 1000)^2}$$

Siendo,

L_{max}: Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)

U_F: Tensión de fase (V)

K: Conductividad - Cu: 56, Al: 35

S: Sección del conductor (mm²)

X_u: Reactancia por unidad de longitud (mohm/m). En conductores aislados suele ser 0,08.

n: n° de conductores por fase

C_t = 0,8: Es el coeficiente de tensión de condiciones generales de c.c.

C_R = 1,5: Es el coeficiente de resistencia.

I_{F5} = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

* Curvas válidas.(Para protección de Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B IMAG = 5 I_n

CURVA C IMAG = 10 I_n

CURVA D Y MA IMAG = 20 I_n

11.2.3. DEMANDA DE POTENCIAS.

CUADRO BOMBAS 1

A OFICINAS	18400.6 W
BOMBA 1	132000 W
BOMBA 2	132000 W
BOMBA 3	185000 W
BOMBA 4	185000 W
VALVULA 1	750 W
VALVULA MOT. 2	750 W
VALVULA MOT 3	750 W
VALVULA MOT 4	750 W
VENTILADOR 1	1500 W
VENTILADOR 2	1500 W
VENTILADOR 3	1500 W
VENTILADOR 4	1500 W
CUADRO BOMBAS 2	696000 W
TOTAL....	1357400.62 W

CUADRO DE BOMBAS 2

A continuación vamos a exponer y detallar la demanda de potencias de fuerza motriz y de alumbrado.

AL. OFICINAS/ASEOS	0.6 W
TC. OFICINAS/ASEOS	2200 W
AL. NAVE	3200 W
CUADROS TC. NAVE	5000 W
PUENTE GRUA	8000 W
TOTAL....	18400.6 W

CUADRO OFICINAS

BOMBA 5	132000 W
---------	----------

BOMBA 6	185000 W
BOMBA 7	185000 W
BOMBA 8	185000 W
VALVULA MOT. 5	750 W
VALVULA MOT. 6	750 W
VALVULA MOT. 7	750 W
VALVULA MOT. 8	750 W
VENTILADOR 5	1500 W
VENTILADOR 6	1500 W
VENTILADOR 7	1500 W
VENTILADOR 8	1500 W
TOTAL....	696000 W

11.2.4. CÁLCULO DE LÍNEAS.

ACOMETIDA

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)
- Longitud: 5 m; Cos j: 0.86; Xu(mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 1357400.62 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47 y ITC-BT-44):
 $185000 \times 1.25 + 1174961 = 1406211 \text{ W. (Coef. de Simult.: 1)}$

$$I = 1406211 / (1.732 \times 400 \times 0.86) = 2360.17 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 6(4x240+TTx120)mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: XLPE, 0.6/1 kV

I.ad. a 25°C (Fc=0.8) 2640 A. según ITC-BT-07

D. tubo: 6(225)mm.

Caída de tensión:

$$e(\text{parcial})=5 \times 1406211 / 56 \times 400 \times 6 \times 240 = 0.22 \text{ V.} = 0.05 \%$$

$$e(\text{total})=0.05\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 2500 A. Térmico reg. **Int.Reg.: 2500 A.**

A CUADRO OFCINAS

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Unip. Tubos Superf. o Empot. Obra
- Longitud: 25 m; Cos j: 0.9; Xu(mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 18400.6 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47 y ITC-BT-44):
 $8000 \times 1.25 + 12961.08 = 22961.08 \text{ W. (Coef. de Simult.: 1)}$

$$I = 22961.08 / 1,732 \times 400 \times 0.9 = 36.82 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x10+TTx10mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: PVC, 450/750 V

I.ad. a 40°C (Fc=1) 44 A. según ITC-BT-19

D. tubo: 32mm.

Caída de tensión:

$$e(\text{parcial})=25 \times 22961.08 / 56 \times 400 \times 10 = 2.56 \text{ V.} = 0.64 \%$$

$$e(\text{total})=0.7\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección Térmica en Principio de Línea

I. Mag. Tetrapolar Int. 40 A.

Protección Térmica en Final de Línea

I. Mag. Tetrapolar Int. 40 A.

Protección diferencial en Principio de Línea

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.

Cálculo de la Línea: BOMBA 1

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)
- Longitud: 11 m; Cos j: 0.86; $X_u(\text{mW/m})$: 0; R: 1
- Potencia a instalar: 132000 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):
 $132000 \times 1.25 = 165000 \text{ W}$.

$$I = 165000 / (1.732 \times 400 \times 0.86) = 276.93 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x120+TTx70mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: XLPE, 0.6/1 kV

I.ad. a 25°C ($F_c=0.8$) 304 A. según ITC-BT-07

D. tubo: 160mm.

Caída de tensión:

$$e(\text{parcial}) = 11 \times 165000 / (56 \times 400 \times 120) = 0.68 \text{ V.} = 0.17 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.23\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 320 A. Térmico reg. Int.Reg.: 290 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA.

Cálculo de la Línea: BOMBA 2

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)
- Longitud: 8 m; Cos j: 0.86; $X_u(\text{mW/m})$: 0; R: 1
- Potencia a instalar: 132000 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):
 $132000 \times 1.25 = 165000 \text{ W}$.

$$I=165000/1,732 \times 400 \times 0.86 \times 1 = 276.93 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x120+TTx70mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: XLPE, 0.6/1 kV

I.ad. a 25°C (Fc=0.8) 304 A. según ITC-BT-07

D. tubo: 160mm.

Caída de tensión:

$$e(\text{parcial})=8 \times 165000 / 56 \times 400 \times 120 \times 1 = 0.49 \text{ V.} = 0.12 \%$$

$$e(\text{total})=0.18\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 320 A. Térmico reg. Int.Reg.: 290 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA.

Cálculo de la Línea: BOMBA 3

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)

- Longitud: 9 m; Cos j: 0.86; Xu(mW/m): 0; R: 1

- Potencia a instalar: 185000 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):

$$185000 \times 1.25 = 231250 \text{ W.}$$

$$I=231250/1,732 \times 400 \times 0.86 \times 1 = 388.13 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x240+TTx120mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: XLPE, 0.6/1 kV

I.ad. a 25°C (Fc=0.8) 440 A. según ITC-BT-07

D. tubo: 225mm.

Caída de tensión:

$$e(\text{parcial})=9 \times 231250 / 56 \times 400 \times 240 \times 1 = 0.39 \text{ V.} = 0.1 \%$$

$$e(\text{total})=0.16\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 400 A. Térmico reg. Int.Reg.: 400 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA.

Cálculo de la Línea: BOMBA 4

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)

- Longitud: 14 m; Cos j: 0.86; Xu(mW/m): 0; R: 1

- Potencia a instalar: 185000 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):

$$185000 \times 1.25 = 231250 \text{ W.}$$

$$I = 231250 / 1,732 \times 400 \times 0.86 \times 1 = 388.13 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x240+TTx120mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: XLPE, 0.6/1 kV

I.ad. a 25°C (Fc=0.8) 440 A. según ITC-BT-07

D. tubo: 225mm.

Caída de tensión:

$$e(\text{parcial})=14 \times 231250 / 56 \times 400 \times 240 \times 1 = 0.6 \text{ V.} = 0.15 \%$$

$$e(\text{total})=0.21\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 400 A. Térmico reg. Int.Reg.: 400 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA.

Cálculo de la Línea: BOMBA 5

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)
- Longitud: 11 m; Cos j: 0.86; Xu(mW/m): 0; R: 1
- Potencia a instalar: 132000 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):
 $132000 \times 1.25 = 165000 \text{ W.}$

$$I = 165000 / (1.732 \times 400 \times 0.86) = 276.93 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x120+TTx70mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: XLPE, 0.6/1 kV

I.ad. a 25°C (Fc=0.8) 304 A. según ITC-BT-07

D. tubo: 160mm.

Caída de tensión:

$$e(\text{parcial}) = 11 \times 165000 / (56 \times 400 \times 120) = 0.68 \text{ V.} = 0.17 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.75\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 320 A. Térmico reg. Int.Reg.: 290 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA.

Cálculo de la Línea: BOMBA 6

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)
- Longitud: 8 m; Cos j: 0.86; Xu(mW/m): 0; R: 1
- Potencia a instalar: 185000 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):
 $185000 \times 1.25 = 231250 \text{ W.}$

$$I=231250/1,732 \times 400 \times 0.86 \times 1 = 388.13 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x240+TTx120mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: XLPE, 0.6/1 kV

I.ad. a 25°C (Fc=0.8) 440 A. según ITC-BT-07

D. tubo: 225mm.

Caída de tensión:

$$e(\text{parcial})=8 \times 231250 / 56 \times 400 \times 240 \times 1 = 0.34 \text{ V.} = 0.09 \%$$

$$e(\text{total})=0.66\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 400 A. Térmico reg. Int.Reg.: 400 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA.

Cálculo de la Línea: BOMBA 7

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: Unip. Tubos Superf. o Empot. Obra

- Longitud: 9 m; Cos j: 0.86; Xu(mW/m): 0; R: 1

- Potencia a instalar: 185000 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):

$$185000 \times 1.25 = 231250 \text{ W.}$$

$$I=231250/1,732 \times 400 \times 0.86 \times 1 = 388.13 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x240+TTx120mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: XLPE, 0.6/1 kV

I.ad. a 40°C (Fc=1) 455 A. según ITC-BT-19

D. tubo: 200mm.

Caída de tensión:

$$e(\text{parcial})=9 \times 231250 / 56 \times 400 \times 240 \times 1 = 0.39 \text{ V.} = 0.1 \%$$

$e(\text{total})=0.67\%$ ADMIS (6.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 400 A. Térmico reg. Int.Reg.: 400 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA.

Cálculo de la Línea: BOMBA 8

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)

- Longitud: 14 m; Cos j: 0.86; Xu(mW/m): 0; R: 1

- Potencia a instalar: 185000 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):

$185000 \times 1.25 = 231250$ W.

$I = 231250 / (1.732 \times 400 \times 0.86 \times 1) = 388.13$ A.

Se eligen conductores Unipolares 4x240+TTx120mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: XLPE, 0.6/1 kV

I.ad. a 25°C (Fc=0.8) 440 A. según ITC-BT-07

D. tubo: 225mm.

Caída de tensión:

$e(\text{parcial}) = 14 \times 231250 / (56 \times 400 \times 240 \times 1) = 0.6$ V. = 0.15 %

$e(\text{total})=0.73\%$ ADMIS (6.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 400 A. Térmico reg. Int.Reg.: 400 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA.

Cálculo de la Línea: VALVULAS

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)
- Longitud: 11 m; Cos j: 0.9; $X_u(\text{mW/m})$: 0; R: 1
- Potencia a instalar: 750 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):
 $750 \times 1.25 = 937.5 \text{ W}$.

$$I = 937.5 / (1.732 \times 400 \times 0.9) = 1.5 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x6+TTx6mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: XLPE, 0.6/1 kV

I.ad. a 25°C ($F_c=0.8$) 57.6 A. según ITC-BT-07

D. tubo: 50mm.

Caída de tensión:

$$e(\text{parcial}) = 11 \times 937.5 / (56 \times 400 \times 6) = 0.08 \text{ V.} = 0.02 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.08\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 300 mA.

Cálculo de la Línea: VENTILADORES

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Unip. Tubos Superf. o Empot. Obra
- Longitud: 11 m; Cos j: 0.9; $X_u(\text{mW/m})$: 0; R: 1
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):
 $1500 \times 1.25 = 1875 \text{ W}$.

$$I=1875/1,732 \times 400 \times 0.9 \times 1 = 3.01 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $4 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Aislamiento, Nivel Aislamiento: XLPE, 0.6/1 kV

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 25 A. según ITC-BT-19

D. tubo: 20mm.

Caída de tensión:

$$e(\text{parcial}) = 11 \times 1875 / 56 \times 400 \times 2.5 \times 1 = 0.37 \text{ V.} = 0.09 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.67\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: AL. OFICINAS/ASEOS

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: Unip. Tubos Superf. o Empot. Obra

- Longitud: 25 m; $\cos \phi$: 0.9; $X_u(\text{mW/m})$: 0;

- Potencia a instalar: 0.6 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):

$$0.6 \times 1.8 = 1.08 \text{ W.}$$

$$I = 1.08 / 230 \times 0.9 = 0.01 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 1.5 + TT \times 1.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Aislamiento, Nivel Aislamiento: XLPE, 0.6/1 kV

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

D. tubo: 16mm.

Caída de tensión:

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 25 \times 1.08 / 56 \times 230 \times 1.5 = 0 \text{ V.} = 0 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.76\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Cálculo de la Línea: TC. OFICINAS/ASEOS

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: Unip. Tubos Superf. o Empot. Obra
- Longitud: 25 m; Cos j: 0.9; Xu(mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 2200 W.
- Potencia de cálculo: 2200 W.

$$I=2200/230 \times 0.9=10.63 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: XLPE, 0.6/1 kV

I.ad. a 40°C (Fc=1) 29 A. según ITC-BT-19

D. tubo: 20mm.

Caída de tensión:

$$e(\text{parcial})=2 \times 25 \times 2200 / 56 \times 230 \times 2.5=3.42 \text{ V.}=1.49 \%$$

$$e(\text{total})=2.24\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: AL. NAVE

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: Unip. Tubos Superf. o Empot. Obra
- Longitud: 45 m; Cos j: 1; Xu(mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 3200 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):

$$3200 \times 1.8 = 5760 \text{ W.}$$

$$I = 5760 / 230 \times 1 = 25.04 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x6+TTx6mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: XLPE, 0.6/1 kV

I.ad. a 40°C (Fc=1) 49 A. según ITC-BT-19

D. tubo: 25mm.

Caída de tensión:

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 45 \times 5760 / 56 \times 230 \times 6 = 6.71 \text{ V.} = 2.92 \%$$

$$e(\text{total}) = 3.64\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Cálculo de la Línea: CUADROS TC. NAVE

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: Unip. Tubos Superf. o Empot. Obra

- Longitud: 45 m; Cos j: 1; Xu(mW/m): 0;

- Potencia a instalar: 5000 W.

- Potencia de cálculo: 5000 W.

$$I = 5000 / 1,732 \times 400 \times 1 = 7.22 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x2.5+TTx2.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: XLPE, 0.6/1 kV

I.ad. a 40°C (Fc=1) 25 A. según ITC-BT-19

D. tubo: 20mm.

Caída de tensión:

$$e(\text{parcial}) = 45 \times 5000 / 56 \times 400 \times 2.5 = 4.02 \text{ V.} = 1 \%$$

$$e(\text{total}) = 1.72\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

11.2.5. RESUMEN.

Cuadro General de Mando y Protección

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálculo (m)	Sección (mm²)	I.Cálculo (A)	I.Admi. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)
DERIVACION IND.	1406211	5	6(4x240+TTx120)Cu	2360.17	2640	0.05	0.05
A OFICINAS	22961.08	25	4x10+TTx10Cu	36.82	44	0.64	0.7
BOMBA 1	165000	11	4x120+TTx70Cu	276.93	304	0.17	0.23
BOMBA 2	165000	8	4x120+TTx70Cu	276.93	304	0.12	0.18
BOMBA 3	231250	9	4x240+TTx120Cu	388.13	440	0.1	0.16
BOMBA 4	231250	14	4x240+TTx120Cu	388.13	440	0.15	0.21
BOMBA 5	165000	11	4x120+TTx70Cu	276.93	304	0.17	0.75
BOMBA 6	231250	8	4x240+TTx120Cu	388.13	440	0.09	0.66
BOMBA 7	231250	9	4x240+TTx120Cu	388.13	455	0.1	0.67
BOMBA 8	231250	14	4x240+TTx120Cu	388.13	440	0.15	0.73
VALVULA MOT. 1	937.5	11	4x6+TTx6Cu	1.5	57.6	0.02	0.08
VALVULA MOT. 2	937.5	8	4x6+TTx6Cu	1.5	57.6	0.01	0.07
VALVULA MOT 3	937.5	9	4x6+TTx6Cu	1.5	57.6	0.02	0.08
VALVULA MOT 4	937.5	14	4x6+TTx6Cu	1.5	57.6	0.02	0.08
VALVULA MOT. 5	937.5	11	4x6+TTx6Cu	1.5	57.6	0.02	0.6
VALVULA MOT. 6	937.5	8	4x6+TTx6Cu	1.5	57.6	0.01	0.59
VALVULA MOT. 7	937.5	9	4x6+TTx6Cu	1.5	57.6	0.02	0.59
VALVULA MOT. 8	937.5	14	4x6+TTx6Cu	1.5	57.6	0.02	0.6
VENTILADOR 1	1875	11	4x2.5+TTx2.5Cu	3.01	25	0.09	0.16
VENTILADOR 2	1875	8	4x2.5+TTx2.5Cu	3.01	25	0.07	0.13
VENTILADOR 3	1875	9	4x2.5+TTx2.5Cu	3.01	25	0.08	0.14
VENTILADOR 4	1875	14	4x2.5+TTx2.5Cu	3.01	25	0.12	0.19
VENTILADOR 5	1875	11	4x2.5+TTx2.5Cu	3.01	25	0.09	0.67
VENTILADOR 6	1875	8	4x2.5+TTx2.5Cu	3.01	25	0.07	0.65
VENTILADOR 7	1875	9	4x2.5+TTx2.5Cu	3.01	25	0.08	0.66
VENTILADOR 8	1875	14	4x2.5+TTx2.5Cu	3.01	25	0.12	0.7

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I _{pccI} (kA)	P de C (kA)	I _{pccF} (A)	t _{mcc} (sg)	Curvas válidas
DERIVAC IND.	5	6(4x240+TTx120)Cu	32.33	35	16065.33	146.42	2500;B
A OFICINAS	25	4x10+TTx10Cu	32.26	35	1757.02	0.43	40;B,C,D
BOMBA 1	11	4x120+TTx70Cu	32.26	35	14512.44	1.25	320;B,C,D
BOMBA 2	8	4x120+TTx70Cu	32.26	35	15027.38	1.16	320;B,C,D
BOMBA 3	9	4x240+TTx120Cu	32.26	35	15555.14	4.34	400;B,C,D
BOMBA 4	14	4x240+TTx120Cu	32.26	35	15187.6	4.55	400;B,C,D
BOMBA 5	11	4x120+TTx70Cu	30.34	35	13111.71	1.53	320;B,C,D
BOMBA 6	8	4x240+TTx120Cu	30.34	35	14422.68	5.05	400;B,C,D
BOMBA 7	9	4x240+TTx120Cu	30.34	35	14332.05	5.11	400;B,C,D
BOMBA 8	14	4x240+TTx120Cu	30.34	35	13868.88	5.46	400;B,C,D
VALVULA MOT. 1	11	4x6+TTx6Cu	32.26	35	2367.31	0.12	16;B,C,D
VALVULA MOT. 2	8	4x6+TTx6Cu	32.26	35	3193.97	0.06	16;B,C,D
VALVULA MOT. 3	9	4x6+TTx6Cu	32.26	35	2861.86	0.08	16;B,C,D
VALVULA MOT. 4	14	4x6+TTx6Cu	32.26	35	1878.27	0.19	16;B,C,D
VALVULA MOT. 5	11	4x6+TTx6Cu	30.34	35	2292.83	0.12	16;B,C,D
VALVULA MOT. 6	8	4x6+TTx6Cu	30.34	35	3060.93	0.07	16;B,C,D
VALVULA MOT. 7	9	4x6+TTx6Cu	30.34	35	2754.21	0.09	16;B,C,D
VALVULA MOT. 8	14	4x6+TTx6Cu	30.34	35	1830.9	0.2	16;B,C,D
VENTILADOR 1	11	4x2.5+TTx2.5Cu	27.89	35	984.46	0.12	16;B,C,D
VENTILADOR 2	8	4x2.5+TTx2.5Cu	27.89	35	1332.9	0.06	16;B,C,D
VENTILADOR 3	9	4x2.5+TTx2.5Cu	27.89	35	1192.3	0.08	16;B,C,D
VENTILADOR 4	14	4x2.5+TTx2.5Cu	27.89	35	780.28	0.19	16;B,C,D
VENTILADOR 5	11	4x2.5+TTx2.5Cu	28.23	35	986.07	0.12	16;B,C,D
VENTILADOR 6	8	4x2.5+TTx2.5Cu	28.23	35	1335.85	0.06	16;B,C,D
VENTILADOR 7	9	4x2.5+TTx2.5Cu	28.23	35	1194.67	0.08	16;B,C,D
VENTILADOR 8	14	4x2.5+TTx2.5Cu	28.23	35	781.29	0.19	16;B,C,D

Subcuadro A OFICINAS

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Admi. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)
AL. OFICINAS/AEOS	1.08	25	2x1.5+TTx1.5Cu	0.01	21	0	0.76
TC. OFICINAS/AEOS	2200	25	2x2.5+TTx2.5Cu	10.63	29	1.49	2.24

AL. NAVE	5760	45	2x6+TTx6Cu	25.04	49	2.92	3.64
CUADROS TC. NAVE	5000	45	4x2.5+TTx2.5Cu	7.22	25	1	1.72
PUENTE GRUA	10000	45	4x2.5+TTx2.5Cu	18.04	25	2.01	2.72

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	IpccI (kA)	P de C (kA)	IpccF (A)	tmcicc (sg)	Curvas válidas
AL. OFICINAS/ASEOS TC.	25	2x1.5+TTx1.5Cu	3.05	4.5	229.77	0.78	10;B,C,D
OFICINAS/ASEOS	25	2x2.5+TTx2.5Cu	3.05	4.5	348.01	0.94	16;B,C,D
AL. NAVE	45	2x6+TTx6Cu	3.46		446.13	3.3	
CUADROS TC. NAVE	45	4x2.5+TTx2.5Cu	3.43	4.5	218.54	2.38	16;B,C
PUENTE GRUA	45	4x2.5+TTx2.5Cu	3.43	4.5	218.54	2.38	20;B,C

11.2.6. CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA.

- La resistividad del terreno es 300 ohmios por metro.
- El electrodo en la puesta a tierra del edificio, se constituye con los siguientes elementos:

M. conductor de Cu desnudo 35 mm² 30 m.

M. conductor de Acero galvanizado 95 mm²

de Acero recubierto Cu 14 mm 1 picas de 2m.

Con lo que se obtendrá una Resistencia de tierra de 17.65 ohmios.

Los conductores de protección, se calcularon adecuadamente y según la ITC-BT-18, en el apartado del cálculo de circuitos.

Así mismo cabe señalar que la línea principal de tierra no será inferior a 16 mm² en Cu, y la línea de enlace con tierra, no será inferior a 25 mm² en Cu.

12. ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud Laboral tiene como objeto establecer las directrices generales encaminadas a disminuir en lo posible, los riesgos de accidentes laborales y enfermedades profesionales, así como a la minimización de las consecuencias de los accidentes que se produzcan.

Este Estudio se ha elaborado en cumplimiento del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, que establece los criterios de planificación, control y desarrollo de los medios y medidas de Seguridad e Higiene que deben tenerse presentes en la ejecución de los Proyectos en Construcción.

12.1. ALCANCE

Las medidas contempladas en este Estudio alcanzan a todos los trabajos a realizar en el presente Proyecto, y aplica la obligación de su cumplimiento a todas las personas de las distintas organizaciones que intervengan en la ejecución de los mismos

12.1.1. INSTALACIONES ELECTRICAS PROVISIONALES

Para el suministro de energía a las máquinas y herramientas eléctricas propias de los trabajos objeto del presente Estudio, los contratistas instalarán cuadros de distribución con toma de corriente en las instalaciones de la propiedad o alimentados mediante grupos electrógenos.

Tanto los riesgos previsibles como las medidas preventivas a aplicar para los trabajos en instalaciones, elementos y máquinas eléctricas son analizados en los apartados siguientes.

12.2. DISPOSICIONES LEGALES DE APLICACIÓN.

Para la redacción del presente Estudio se han tenido en cuenta todas y cada una de las especificaciones siguientes:

LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.

- Ley 31/1995 de 8 de Noviembre, Prevención de Riesgos Laborales (B.O.E. 10/11/95).
- Ley 54/2003
- Real decreto 171/2004 por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995.
- Real decreto legislativo 5/ 2000 sobre infracciones en materia de seguridad social.

OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

- R.D. 1627/1997, de 24 de Octubre (B.O.E. 25/10/97)

REGLAMENTO DE LOS SERVICIOS DE PREVENCIÓN.

- Real Decreto 39/1997, de 17 de Enero, Reglamento Servicios de prevención
- Orden 27 junio 97 se desarrolla Real Decreto 39/1997 Reglamento Servicios de Prevención.

ESTATUTO DE LOS TRABAJADORES.

- Ley 8/1980 de 10 de Marzo.
- Real Decreto Legislativo 1/1995 de 24 de marzo, texto refundido

EQUIPOS DE TRABAJO.

- Real Decreto 1215/1997 sobre Disposiciones mínimas de Equipos de trabajo.
- Real Decreto 2177/2005 que modifica el RD 1215/97
- Disposiciones de aplicación de la Directiva 89/392/CEE sobre máquinas.
- R.D. 1435/92, 27 de Noviembre (B.O.E. nº 297 11/12/92)
- R.D. 56/95, 20 de Enero. (B.O.E. nº 33 08/02/95)

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.

- Real Decreto 773/1997 utilización de los equipos de protección individual. (B.O.E. 12/06/97)
- R.D. 1407/92 Comercialización de los equipos de protección individual. (B.O.E. 28/12/92)
- Real Decreto 159/1995, por el que se modifica el Real Decreto 1407/1992, (B.O.E. 3/02/95)
- Orden de 20 de febrero de 1997 por la que se modifica el anexo del Real Decreto 159/1995

COMISIÓN NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

- Real Decreto 1879/1996 de 2 de Agosto (B.O.E. 09/08/97)

SEÑALIZACIÓN / LUGARES DE TRABAJO

- Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril sobre Disposiciones mínimas en materia de Señalización de seguridad en el trabajo. (B.O.E. 23/04/97)
- Instrucción 8.3-IC 1989 del Ministerio de Fomento. Señalización de obras de carreteras
- Normativa municipal de Teruel sobre señalización de obras en vía pública.

LUGARES DE TRABAJO.

- Real Decreto 486/1997. (B.O.E. 23/04/97) Lugares de trabajo.
- Real Decreto 1627/97, de 24 de octubre (B.O.E. 25/10/97)

MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS.

- Real Decreto 487/1997 Manipulación manual de cargas. (B.O.E. 23/04/97)

EQUIPOS CON PANTALLA DE VISUALIZACIÓN.

- Real Decreto 488/1997(B.O.E. 23/04/97) Equipos que incluyen pantallas de visualización.

AGENTES EXTERNOS.

-Real Decreto 664/1997, de 12 de Mayo (B.O.E. 24/05/97). Orden de 25 de Marzo de 1998 (B.O.E. 30/03/98) Exposición a agentes biológicos.

-R.D. 1316/1989 Protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo (B.O.E. 02/08/89)

SEGURIDAD Y SALUD EN EL ÁMBITO DE LAS EMPRESAS DE TRABAJO TEMPORAL.

-R.D. 216/2001, de 5 de Febrero (B.O.E. 24/02/99)

RIESGO ELÉCTRICO

-R.D. 614/2001, de 8 de Junio (B.O.E. 21/06/01)

-Real Decreto 842/2002 RETBT (B.O.E. 18/09/2002) en especial la ITC-BT-33, INSTAL ELECTRICAS PROV D OBRAS

-Decreto 3151/1968, Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. (B.O.E. 27/12/1968)

REGLAMENTO DE APARATOS A PRESIÓN.

-R.D. 1244/1977, (B.O.E. 29/05/79) Reglamento de Aparatos a presión.

-R.D. 769/1999, dicta las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, 97/23/CE , relativa a los equipos de presión y modifica el R. D. 1244/1979,

GRÚAS Y APARATOS DE ELEVACIÓN Y TRANSPORTE DE MATERIALES.

-Real Decreto 837/2003, de 27 de junio, por el que se aprueba el nuevo texto modificado y refundido de la Instrucción técnica complementaria «MIE-AEM-4» del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, referente a grúas móviles autopropulsadas.

-Real Decreto 836/2003 ITC "MIE-AEM-2"Reglamento sobre grúas torre

-Orden de 19 de diciembre de 1985, por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria MIE-AEM-1 del Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención referente a ascensores electromecánicos y normas que la modifican y desarrollan

-Orden de 26 de mayo de 1989, Instrucción Técnica Complementaria MIE-AEM 3 carretillas automotoras de manutención (B.O.E. Nº 137 publicado el 9/6/1989)

ASCENSORES

R.D. 2291/1985, de 8 noviembre, que aprueba el Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención. BOE núm. 296 de 11 de diciembre 1985.

R.D. 1314/1997, de 1 de agosto por el que se modifica el Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención aprobado por R.D. 2291/1985, de 8 noviembre. BOE núm. 234 de 30 de septiembre de 1997.

ORDENANZA LABORAL DE LA CONSTRUCCIÓN, VIDRIO Y CERÁMICA.

-Orden 28 de Agosto de 1970 (B.O.E. 17/10/70)

12.3. ANALISIS DE RIESGOS.

Analizamos a continuación los riesgos previsibles inherentes a las actividades de ejecución previstas, así como las derivadas del uso de maquinaria, medios auxiliares y manipulación de instalaciones, máquinas o herramientas eléctricas.

Con el fin de no repetir innecesariamente la relación de riesgos analizaremos primero los riesgos generales, que pueden darse en cualquiera de las actividades, y después seguiremos con el análisis de los específicos de cada actividad.

12.3.1. RIESGOS GENERALES.

Entendemos como riesgos generales aquellos que pueden afectar a todos los trabajadores, independientemente de la actividad concreta que realicen. Se prevé que puedan darse los siguientes:

- Caídas de objetos o componentes sobre personas.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Proyecciones de partículas a los ojos.
- Conjuntivitis por arco de soldadura u otros.
- Heridas en manos o pies por manejo de materiales
- Sobreesfuerzos.
- Golpes y cortes por manejo de herramientas.
- Golpes contra objetos.
- Atrapamientos entre objetos.
- Quemaduras por contactos térmicos.
- Exposición a descargas eléctricas.
- Incendios y explosiones.
- Atrapamiento por vuelco de máquinas, vehículos o equipos.
- Atropellos o golpes por vehículos en movimiento.
- Lesiones por manipulación de productos químicos.
- Lesiones o enfermedades por factores atmosféricos que comprometan la seguridad o salud.
- Inhalación de productos tóxicos.

12.3.2. RIESGOS ESPECIFICOS.

Nos referimos aquí a los riesgos propios de actividades concretas que afectan sólo al personal que realiza trabajos en las mismas.

Este personal estará expuesto a los riesgos generales indicados en el punto 3.1., más los específicos de su actividad.

A tal fin analizamos a continuación las actividades más significativas.

- **Excavaciones**

Además de los generales, pueden ser inherentes a las excavaciones los siguientes riesgos:

- Desprendimiento o deslizamiento de tierras.
- Atropellos y/o golpes por máquinas o vehículos.
- Colisiones y vuelcos de maquinaria.
- Riesgos a terceros (ajenos al propio trabajo).

- **En voladuras**

- Proyecciones de piedras
- Explosiones incontroladas por corrientes erráticas o manipulación incorrecta.
- Barrenos fallidos.
- Elevado nivel de ruido
- Riesgos a terceras personas.

- **Movimiento de tierras**

En los trabajos derivados del movimiento de tierras por excavaciones o rellenos se prevé los siguientes riesgos:

- Caída de materiales de las palas o cajas de los vehículos.
- Caídas de personas desde los vehículos.

-Vuelcos de vehículos por diversas causas (malas condiciones del terreno, exceso de carga, durante las descargas, etc.).

-Atropello y colisiones.

-Proyección de partículas.

-Polvo ambiental.

- **Trabajos con ferralla**

Los riesgos más comunes relativos a la manipulación y montaje de ferralla son:

-Cortes y heridas en el manejo de las barras o alambres.

-Atrapamientos en las operaciones de carga y descarga de paquetes de barras o en la colocación de las mismas.

-Torceduras de pies, tropiezos y caídas al mismo nivel al caminar sobre las armaduras

-Roturas eventuales de barras durante el doblado.

- **Trabajos de encofrado y desencofrado**

En esta actividad podemos destacar los siguientes:

-Desprendimiento de tableros.

-Pinchazos con objetos punzantes.

-Caída de materiales (tableros, tablones, puntales, etc.).

-Caída de e desencofrado elementos del encofrado durante las operaciones de desencofrado.

-Cortes y heridas en manos por manejo de herramientas (sierras, cepillos, etc.) y materiales.

- **Trabajos con hormigón**

La exposición y manipulación del hormigón implica los siguientes riesgos:

-Salpicaduras de hormigón a los ojos.

- Hundimiento, rotura o caída de encofrados.
- Torceduras de pies, pinchazos, tropiezos y caídas al mismo ya distinto nivel, al moverse sobre las estructuras.
- Dermatitis en la piel.
- Aplastamiento o atrapamiento por fallo de entibaciones.
- Lesiones musculares por el manejo de vibradores.
- Electrocución por ambientes húmedos.

- **Manipulación de materiales**

Los riesgos propios de esta actividad están incluidos en la descripción de riesgos generales.

- **Transporte de materiales y equipos dentro de la obra**

En esta actividad, además de los riesgos enumerados en el punto 3.1., son previsibles los siguientes:

- Desprendimiento o caída de la carga, o parte de la misma, por ser excesiva o estar mal sujeta.
- Golpes contra partes salientes de la carga.
- Atropellos de personas
- Vuelcos.
- Choques contra otros vehículos o máquinas.
- Golpes o enganches de la carga con objetos } instalaciones o tendidos de cables.

- **Prefabricación y montaje de estructuras, cerramientos y equipos.**

De los específicos de este apartado cabe destacar:

- Caída de materiales por la mala ejecución de la maniobra de izado y acoplamiento de los mismos o fallo mecánico de equipos.
- Caída de personas desde altura por diversas causas.

- Atrapamiento de manos o pies en el manejo de los materiales o equipos.
- Caída de objetos herramientas sueltas.
- Explosiones o incendios por el uso de gases o por proyecciones incandescentes.

- **Maniobras de izado, situación en obra y montaje de equipos y materiales.**

Como riesgos específicos de estas maniobras podemos citar los siguientes:

- Caída de materiales, equipos o componentes de los mismos por fallo de los medios de elevación o error en la maniobra.
- Caída de pequeños objetos o materiales sueltos (cantoneras, herramientas, etc.) sobre personas.
- Caída de personas desde altura en operaciones de estrobo o desestrobo de las piezas.
- Atrapamientos de manos o pies,
- Aprisionamiento/aplastamiento de personas por movimientos incontrolados de la carga.
- Golpes de equipos, en su izado y transporte, contra otras instalaciones (estructuras, líneas eléctricas, etc.) caída o vuelco de los medios de elevación.

- **Montaje de instalaciones. Suelos y Acabados**

Los riesgos inherentes a estas actividades podemos considerarlos incluidos dentro de los generales, al no ejecutarse a grandes alturas ni presentar aspectos relativamente peligrosos.

12.3.3. MAQUINAS Y MEDIOS AUXILIARES.

Analizamos en este apartado los riesgos que además de los generales, pueden presentarse en el uso de maquinaria y los medios auxiliares.

La maquinaria y los medios auxiliares más significativos que se prevé utilizar para la ejecución de los trabajos objeto del presente Estudio, son los que se relacionan a continuación.

-Andamios.

-TUBULARES Y MOTORIZADOS

-Se cumplirá lo especificado en el Real Decreto 2177/2005 que modifica el RD 1215/97

-Se presentará de forma previa a su instalación un plan de montaje, mantenimiento y desmontaje que incluya un croquis con las distancias a la fachada en los puntos más desfavorables,

-En tubulares, la cota de plantas del edificio y de plataformas constituidas del andamio, la ubicación dimensión y tipo de las escaleras, así como cualquier otro dato que se considere de interés.

-BORRIQUETAS

-No se admitirán andamios de borriquetas de más de un metro de altura

-Se montarán perfectamente niveladas, para evitar los riesgos por trabajar sobre superficies inclinadas.

-En trabajos en zonas de escaleras, se permitirá apoyar uno de los extremos de la plataforma de trabajo sobre una borriqueta y el otro sobre la escalera siempre que se cumplan una serie de condiciones: que la escalera sea la definitiva del edificio y no una escalera provisional de obra, que su anchura sea mayor de 60cm, que se encuentre peldañeada correctamente, que las barandillas de la zona cubran el riesgo de caída desde la borriqueta a plantas inferiores.

-Los andamios de borriquetas deben de constituirse mediante: pies metálicos con sistema antiapertura, Plataformas de resistencia suficiente garantizada, con sistema que impida su deslizamiento, sumando una anchura mínima de

plataforma de trazo de 60cm o mayor. Si se colocan varias borriquetas alineadas consecutivas, no deben producirse escalones entre plataformas.

-Las borriquetas siempre estarán abiertas hasta el tope, no se colocarán cerradas apoyadas contra muro.

-ANDAMIOS COLGANTES

Su uso queda terminantemente prohibido en fase de construcción

-Sistemas de elevación de cargas.

-GRUAS TORRE

-Se cumplirá lo contemplado en el R. D 836 /2003 ITC “MIEAEM-2” Reglamento sobre grúas torre.

-No se autorizará la instalación de grúas torre de 10 años o más de antigüedad.

-No se permitirá la instalación de grúas torre para cuyo mantenimiento y montaje no se hayan previsto, como mínimo, las medidas contempladas en la NTP 197 “Desplazamientos de personas sobre grúas-torre”

-Existirá un plan de montaje, mantenimiento y desmontaje de cada grúa torre en el que se contemplará de forma cronológica las operaciones a realizar y las medidas preventivas que se adoptarán en cada momento. -No es necesario que dicho plan integre el Plan de seguridad y salud, ya que puede depender del modelo de la máquina y generarse posteriormente. Hasta que este plan de montaje no sea aprobado por el Coordinador de seguridad y salud, no podrán realizarse los trabajos.

-Todos ganchos llevarán pestillo de seguridad

-El atado y transporte de cargas se realizará de manera adecuada

-GRUAS AUTOPROPULSADAS

-Se cumplirá lo contemplado en el Real Decreto 837/2003, de 27 de junio, por el que se aprueba el nuevo texto modificado y refundido de la Instrucción técnica complementaria «MIE-AEM-4» del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, referente a grúas móviles autopropulsadas.

-Se cumplirá así mismo lo contemplado en el reglamento general de tráfico.

-En caso de tener que montar el plumón auxiliar, será necesario presentar un procedimiento de trabajo seguro.

-La operación de implantación de una grúa autopropulsada, se realizará bajo la supervisión de un recurso preventivo.

-CABLES ESLINGAS, CADENAS Y MEDIOS AUXILIARES DE LEVACIÓN DE CARGAS

-Estarán en perfecto estado de conservación y uso.

-Serán adecuados para el peso a transportar.

-Las cadenas llevarán pestillos en todos sus ganchos

-En las sirgas y cables para transporte de cargas se prohíbe generar gazas mediante perrillos.

-MONTACARGAS

-Las zonas de acceso desde los forjados deben presentar, como mínimo, el mismo nivel de protección que el resto de protección perimetral del forjado

-La botonera debe de ser practicable fácilmente desde todas las plantas

-La zona de carga del nivel inferior debe estar convenientemente vallada

-Equipos de soldadura.

-Para utilizar equipos que generen llama abierta o generen chispas, será

necesario contar con un permiso de trabajo especial (trabajos en caliente)

-Queda excluido de este permiso el uso de radiales en fase de estructura de hormigón

-Este permiso tendrá validez semanal como máximo.

-Será necesaria la presencia permanente de un extintor en el puesto de trabajo, que no sea de la instalación general de la obra.

-Se deberán utilizar los Epis adecuados, haciendo posible la protección simultánea del cráneo y la vista.

-Máquina eléctrica de roscar.

-Camión de transporte.

-Grúa móvil.

-Camión grúa.

-Cabrestante de izado.

-Cabrestante de tendido subterráneo.

-Pistolas de fijación

-Taladradoras de mano.

-Cortatubos.

-Curvadoras de tubos.

-Radiales y esmeriladoras.

-Trácteles, poleas, aparejos, eslingas, grilletes, etc.

-Juego alzapobinas, rodillos, etc.

-Máquina de excavación con martillo hidráulico.

-Máquina retroexcavadora mixta.

-Hormigoneras y camiones (maquinaria para el movimiento de tierras)

-Estarán al día de todas las revisiones que sean preceptivas

-Tendrán seguro de responsabilidad civil, independiente para cada máquina, estén o no matriculadas

- Cumplirán lo establecido en el R.D 1215/97

- Se dotará a la máquina de movimiento de tierras y camiones señales acústicas automáticas de retroceso, en evitación de atropellos en función de su maniobrabilidad, visibilidad y velocidad. En el Plan de seguridad se detallará a que máquinas se dotará de este dispositivo.

- Camión volquete.

- Máquina niveladora.

- Miniretroexcavadora

- Compactadora.

- Compresor.

- Martillo rompedor y picador, etc.

- Escaleras de mano.

- Cumplirán lo estipulado en el R.D.2177/04 (BOE 12711/04)

- En el caso de escaleras de tijera, sólo se autorizará el uso de las que tengan una altura, como mucho, inferior en 80 cm. al plano de trabajo previsto

- No se utilizará ninguna escalera de mano de longitud mayor de 5,20m.

- Escaleras de tijera.

- Cuadros eléctricos auxiliares.

- Instalaciones eléctricas provisionales.

- Herramientas de mano.

- Bancos de trabajo.

- Equipos de medida

- Comprobador de secuencia de fases

- Medidor de aislamiento

- Medidor de tierras

- Pinzas amperimétricas

- Termómetros.

- Señales de tráfico y seguridad.

-Estarán de acuerdo con la normativa vigente.

-En el Plan de seguridad y salud se definirá su ubicación, aunque podrá ser modificada durante la evolución de la obra.

-Extintores.

-Los extintores serán adecuados en agente extintor y tamaño al tipo de incendio previsible, y se revisarán según la normativa vigente. En todo caso todos extintores tendrán una capacidad dieléctrica no inferior a 3000 voltios.

-Su ubicación se encontrará señalizada convenientemente y habrá, como mínimo: uno por planta, situado en la escalera, uno al lado del cuadro eléctrico principal, uno al lado del depósito de combustible (si lo hubiera)

-Cada equipo con permiso de fuego llevará su propio extintor, independiente de los arriba mencionados.

-Cada vehículo que reglamentariamente deba llevar extintor, también llevará uno que no contará en el cómputo anterior.

Diferenciamos estos riesgos clasificándolos en los siguientes grupos:

- **Máquinas fijas y herramientas eléctricas.**

Los riesgos más significativos son:

- Las características de trabajos en elementos con tensión eléctrica en los que pueden producirse accidentes por contactos, tanto directos como indirectos.

- Caídas de personal al mismo, o distinto nivel mangueras por desorden de lesiones por uso inadecuado, o malas condiciones de máquinas giratorias o de corte.

- Proyecciones de partículas.

- **Medios de Elevación.**

Consideramos como riesgos específicos de estos medios, los siguientes:

- Caída de la carga por deficiente estrobo o maniobra.
- Rotura de cable, gancho, estrobo, grillete o cualquier otro medio auxiliar de elevación.
- Golpes o aplastamientos por movimientos incontrolados de la carga
- Exceso de carga con la consiguiente rotura, o vuelco, del medio correspondiente.
- Fallo de elementos mecánicos o eléctricos.
- Caída de personas a distinto nivel durante las operaciones de movimiento de cargas.

- **Andamios, Plataformas y Escaleras.**

Son previsibles los siguientes riesgos:

- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caída del andamio por vuelco.
- Vuelcos o deslizamientos de escaleras.
- Caída de materiales o herramientas desde el andamio.
- Los derivados de padecimiento de enfermedades, no detectadas (epilepsia, vértigo, etc).

- **Equipos de soldadura eléctrica y oxiacetilénica**

Los riesgos previsibles propios del uso de estos equipos son los siguientes:

- Incendios.
- Quemaduras.
- Los derivados de la inhalación de vapores metálicos
- Explosión de botellas de gases.
- Proyecciones incandescentes, o de cuerpos extraños
- Contacto con la energía eléctrica.

12.3.4. TRABAJOS CON / EN PRESENCIA DE ELECTRICIDAD

Para la realización de los trabajos con / en presencia de electricidad se tendrá en cuenta:

-La protección contra el riesgo eléctrico en baja tensión se realizará según Real Decreto 842/2002 RETBT (B.O.E. 18/09/2002) y en especial la ITC-BT-33, Instalaciones eléctricas provisionales de obras.

Además se prohíbe:

-Practicar empalmes en los cables de alargaderas, realizar conexiones utilizando clavijas que no estén normalizadas, que estén deterioradas, sin clavijas o que interrumpan la continuidad de la toma de tierra cuando ésta sea necesaria.

-La maquinaria con las carcasas deterioradas o que haya estado expuesta a humedad

-En general el uso de medios deteriorados o improvisados

-La instalación eléctrica provisional de obra dentro de los edificios ascenderá por los patinillos, estando prohibido que lo haga por las escaleras. En la zona de paso del patinillo se protegerá el cable de posibles roces.

-La instalación eléctrica provisional de obra por las plantas discurrirá en altura, nunca por el suelo

-Cuando sea necesario que un cable de la instalación eléctrica se encuentre en el suelo, se encontrará protegido contra agresiones mecánicas.

-En las zonas descubiertas de la obra los cables se encontrarán entubados y enterrados. La dimensión y rigidez de la protección dependerá de la carga previsible que vayan a soportar.

-Se instalarán pórticos de limitación de altura, en las proximidades de las líneas eléctricas, quedará acotado a un máximo de proximidad de 5 m., según establece el R.E.A.T. Se construirán sobre pies derechos, postes de madera o similar, y se revestirán con láminas de teflón. Como aumento de la seguridad previamente al paso bajo un pórtico se interpondrá a una cota de 5 cm. por debajo de la del pórtico una línea de

balizamiento de aviso por eslabones colgantes. Este tipo de pórticos serán necesarios en préstamos vertederos y plantas de transformación.

Instalación eléctrica desde el cuadro general a la grúa torre:

En una primera fase de obra su tendido debe ser aéreo y estar señalizado mediante pórtico o bien enterrado y envainado. Al excavar en su zona de influencia, al encofrar los muros de sótano (donde los haya) y realizar losas y soleras, deberá moverse. En todo caso, estará en un mínimo de dos ubicaciones. En el plan de seguridad deben definirse las soluciones que se adoptarán para protegerlo (aéreo o enterrado y ubicación exacta)

Para las salas húmedas los portátiles de seguridad para iluminación eléctrica estarán formados por los siguientes elementos:

- Portalámparas estancos con rejilla antiimpactos, con gancho para cuelgue y mango de sujeción de material aislante de la electricidad.

- Manguera antihumedad de la longitud que se requiera para cada caso, evitando depositarla sobre el pavimento siempre que sea posible.

- Toma corrientes por clavija estanca de intemperie.

- Si el lugar de utilización es húmedo, la conexión eléctrica se efectuará a través de transformadores de seguridad a 24 voltios.

.Transformadores de energía eléctrica con salida a 24 voltios (1500 W)...

- Esta norma será cumplida por todos los operarios de la obra, independientemente de la contrata a la que pertenezcan o bien trabajen como autónomos.

Para los trabajos en alta tensión se actuará según lo prescrito en: RAT, Decreto 3151/1968, Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. (B.O.E. 27/12/1968) R.D. 614/2001, de 8 de Junio (B.O.E. 21/06/01) así como en las Notas técnicas de prevención nº 72, 73 y 222.

12.4. MEDIDAS PREVENTIVAS

Para disminuir en lo posible los riesgos previsto en el apartado anterior, ha de actuarse sobre los factores que, por separado o en conjunto, determinan las causas que producen los accidentes. Nos estamos refiriendo al factor humano y al factor técnico.

La actuación sobre el factor humano, basada fundamentalmente en la formación, mentalización e información de todo el personal que participe en los trabajos del presente Proyecto, así como en aspectos ergonómicos y condiciones ambientales, será analizada con mayor detenimiento en otros puntos de Estudio.

Por lo que respecta a la actuación sobre el factor técnico, se actuará básicamente en los siguientes aspectos.

- Protecciones colectivas.
- Protecciones personales.
- Controles y revisiones técnicas de seguridad

En base a los riesgos previsibles enunciados en el punto anterior, analizamos a continuación las medidas previstas en cada uno de estos campos.

12.4.1. PROTECCIONES COLECTIVAS.

Siempre que sea posible se dará prioridad al uso de protecciones colectivas, ya que su efectividad es muy superior a la de las protecciones personales. Sin excluir el uso de estas últimas, las protecciones colectivas previstas, en función de los riesgos enunciados, son los siguientes:

RIESGOS GENERALES.

Nos referimos aquí a las medidas de seguridad a adoptar para la protección de riesgos que consideramos comunes a todas las actividades, son las siguientes:

- Señalizaciones de acceso a obra y uso de elementos de protección personal.
- Acotamiento y señalización de zona donde exista riesgo de caída de objetos desde altura.
- Se montarán barandillas resistentes en los huecos por los que pudiera producirse caída de personas.
- En cada tajo de trabajo, se dispondrá de, al menos, un extintor portátil de polvo polivalente.
- Si algún puesto de trabajo generase riesgo de proyecciones (de partículas, o por arco de soldadura) a terceros se colocarán mamparas opacas de material ignífugo.
- Si se realizasen trabajos con proyecciones incandescentes en proximidad de materiales combustibles, se retirarán estos o se protegerán con lona ignífuga.
- Se mantendrán ordenados los materiales, cables y mangueras para evitar el riesgo de golpes o caídas al mismo nivel por esta causa.
- Los restos de materiales generados por el trabajo se retirarán periódicamente para mantener limpias las zonas de trabajo.
- Los productos tóxicos y peligrosos se manipularán según lo establecido en las condiciones de uso específicas de cada producto.
- Respetar la señalización y limitaciones de velocidad fijadas para circulación de vehículos y maquinaria en el interior de la obra.
- Aplicar las medidas preventivas contra riesgos eléctricos que desarrollaremos más adelante.

-Todos los vehículos llevarán los indicadores ópticos y acústicos que exija la legislación vigente.

-Proteger a los trabajadores contra las inclemencias atmosféricas que puedan comprometer su seguridad y salud.

RIESGOS ESPECIFICOS.

Las protecciones colectivas previstas para la prevención de estos riesgos, siguiendo el orden de los mismos establecido en el punto 1.3.2. son los siguientes:

- **En excavaciones**

-Se entibarán o taludarán todas las excavaciones verticales de profundidad superior a 1,5 m

-Se señalizarán las excavaciones, como mínimo a 1 m. de su borde.

-No se acopiarán tierras ni materiales a menos de 2 m. del borde de la excavación.

-Las excavaciones de profundidad superior a 2 m, y en cuyas proximidades deban circular personas, se protegerán con barandillas resistentes de 90 cm. de altura, las cuales se situarán, siempre que sea posible, a 2 m. del borde de la excavación.

-Los accesos a las zanjas o trincheras se realizarán mediante escaleras sólidas que sobrepasan en 1 m. el borde de estas.

-Las máquinas excavadoras y camiones solo será manejados por personal capacitado, con el correspondiente permiso de conducir el cual será responsable, así mismo, de la adecuada conservación de su máquina.

- **En voladuras**

Las voladuras serán realizadas por una empresa especializada que elaborará el correspondiente plan de voladuras. En su ejecución, además de cumplir la legislación

vigente sobre explosivos (R.D. 2114/787 B.O.E. 07.09.78), se tomarán, como mínimo, las siguientes medidas de seguridad:

-Acordonar la zona de "carga" y "pega" a la que, bajo ningún concepto, deben acceder personas ajenas a las mismas.

-Anunciar, con un toque de sirena 15 minutos antes, la proximidad de la voladura, con dos toques la inmediatez de la detonación y con tres el final de la voladura, permitiéndose la reanudación de la actividad en la zona.

-En el perímetro de la zona acordonada se colocarán señales de "prohibido el paso - Voladuras".

-Antes de la "pega", una persona recorrerá la zona comprobando que no queda nadie, y se pondrán vigilantes en lugares estratégicos de acceso a la zona para impedir la entrada de personas o vehículos.

-El responsable de la voladura y los artilleros comprobarán, cuando se hayan disipado los gases, que la "pega" ha sido completa y comprobará que no quedan terrenos inestables, saneando éstos si fuera necesario antes de iniciar los trabajos.

- **En movimiento de tierras**

-No se cargarán los camiones por encima de la carga admisible ni sobrepasando el nivel superior de la caja.

-Se prohíbe el traslado de personas fuera de la cabina de los vehículos.

-Se situarán topes o calzos para limitar la proximidad a bordes de excavaciones o desniveles en zonas de descarga.

-Se limitará la velocidad de vehículos en el camino de acceso y en los viales interiores de la obra a 20 Km ./h .

-En caso necesario ya criterio del Técnico de Seguridad se procederá al regado de las pistas para evitar la formación de nubes de polvo.

- **En trabajos en altura**

Es evidente que el trabajo en altura se presenta dentro de muchas de las actividades que se realizan en la ejecución de este Proyecto y, como tal, las medidas preventivas relativas a los mismos serán tratadas conjuntamente con el resto de las que afectan a cada cual.

Sin embargo, dada la elevada gravedad de las consecuencias que, generalmente, se derivan de las caídas de altura, se considera oportuno y conveniente remarcar, en este apartado concreto, las medidas de prevención básicas y fundamentales que deben aplicarse para eliminar, en la medida de lo posible, los riesgos inherentes a los trabajos en altura.

Destacaremos, entre otras, las siguientes medidas:

Para evitar la caída de objetos:

- Coordinar los trabajos de forma que no se realicen trabajos superpuestos,
- Ante la necesidad de trabajos en la misma vertical, poner las oportunas protecciones (redes, marquesinas, etc).
- Acotar y señalizar las zonas con riesgo de caída de objetos.
- Señalizar y controlar la zona donde se realicen maniobras con cargas suspendidas, hasta que estas se encuentren totalmente apoyadas.
- Emplear cuerdas para el guiado de cargas suspendidas, que serán manejadas desde fuera de la zona de influencia de la carga, y acceder a esta zona solo cuando la carga esté prácticamente arriada.

Para evitar la caída de personas:

- Se montarán barandillas resistentes en todo el perímetro o bordes de plataformas, forjados, etc. por los que pudieran producirse caídas de personas.

-Se protegerán con barandillas o tapas de suficiente resistencia los huecos existentes en forjados, así como en paramentos verticales si estos son accesibles o están a menos de 1,5 m. del suelo.

-Las barandillas que se quiten o huecos que se destapen para introducción de equipos, etc., se mantendrán perfectamente controlados y señalizados durante la maniobra, reponiéndose las correspondientes protecciones nada mas finalizar estas.

-Los andamios que se utilicen (modulares o tubulares) cumplirán los requerimientos y condiciones mínimas definidas en la O.G. S. H .T., destacando entre otras:

-Superficie de apoyo horizontal y resistente.

-Si son móviles, las ruedas estarán bloqueadas y no se trasladarán con personas sobre las mismas.

-Arriostarlos a partir de cierta altura.

-A partir de 2 m. de altura se protegerá todo su perímetro con rodapiés y quitamiedos colocados a 45 y 90 cm. del piso, el cual tendrá, como mínimo, una anchura de 60 cm..

-No sobrecargar las plataformas de trabajo y mantenerlas limpias y libres de obstáculos.

-En altura (más de 2 m.) es obligatorio utilizar cinturón de seguridad, siempre que no existan protecciones (barandillas) que impidan la caída, el cual estará anclado a elementos, fijos, móviles, definitivos o provisionales, de suficiente resistencia.

-Se instalarán cuerdas o cables fiadores para sujeción de los cinturones de seguridad en aquellos casos en que no sea posible montar barandillas de protección, o bien sea necesario el desplazamiento de los operarios sobre estructuras o cubiertas. En este caso se utilizarán cinturones de caída, con arnés provistos de absorción de energía.

-Las escaleras de mano cumplirán, como mínimo, las siguientes condiciones:

1. No tendrán rotos ni astillados largueros o peldaños. Dispondrán de zapatas antideslizantes.
2. La superficie de apoyo inferior y superior serán planas y resistentes.
3. Fijación o amarre por su cabeza en casos especiales y usar el cinturón de seguridad anclado a un elemento ajeno a esta.

4. Colocarla con la inclinación adecuada.

5. Con las escaleras de tijera, ponerle tope o cadena para que no se abran, no usarlas plegadas y no ponerse a caballo en ellas.

- **En trabajos con ferralla**

-Los paquetes de redondos se acopiarán en posición horizontal, separando las capas con durmientes de madera y evitando alturas de pilas superiores a 1,50 m.

-No se permitirá trepar por las armaduras.

-Se colocarán tableros para circular por las armaduras de ferralla.

-No se emplearán elementos o medios auxiliares (escaleras, ganchos, etc.)

hechos con trozos de ferralla soldada.

-Diariamente se limpiará la zona de trabajo, recogiendo y retirando los recortes y alambres sobrantes del armado.

- **En trabajos de encofrado y desencofrado**

-El ascenso y descenso a los encofrados se hará con escaleras de mano reglamentarias.

-No permanecerán operarios en la zona de influencia de las cargas durante las operaciones de izado y traslado de tableros, puntales, etc.

-Se sacarán o remacharán todos los clavos o puntas existentes en la madera usada.

-El desencofrado se realizará siempre desde el lado en que no puedan desprenderse los tableros y arrastrar al operario.

-Se acotará, mediante cinta de señalización, la zona en la que puedan caer elementos procedentes de las operaciones de encofrado o desencofrado.

- **En trabajos de hormigón**

Vertidos mediante canaleta:

-Instalar topes de final de recorrido de los camiones hormigonera para evitar vuelcos.

-No situarse ningún operario detrás de los camiones hormigonera en las maniobras de retroceso.

Vertido mediante cubo *con* grúa:

-Señalizar con pintura el nivel máximo de llenado del cubo para no sobrepasar la carga admisible de la grúa.

-No permanecer ningún operario bajo la zona de influencia del cubo durante las operaciones de izado y transporte de este con la grúa.

-La apertura del cubo para vertido se hará exclusivamente accionando la palanca prevista para ello Para realizar tal operación se usarán, obligatoriamente, guantes, gafas y, cuando exista riesgo de caída, cinturón de seguridad.

-El guiado del cubo hasta su posición de vertido se hará siempre a través de cuerdas guía.

Para la manipulación de materiales

-Informar a los trabajadores acerca de los riesgos más característicos de esta actividad, accidentes más habituales y forma de prevenirlos haciendo especialmente hincapié sobre los siguientes aspectos:

-Manejo manual de materiales.

-Acopio de materiales, según sus características

Manejo/acopio de materiales tóxico/peligrosos.

Para el transporte de materiales y equipos dentro de la obra

-Se cumplirán las normas de tráfico y límites de velocidad establecidas para circular por los viales de obra, las cuales estarán señalizadas y difundidas a los conductores.

- Se prohibirá que las plataformas y/o camiones transporten una carga superior a la identificada como máxima admisible.
- La carga se transportará amarrada con cables de acero, cuerdas o estrobos de suficiente resistencia.
- Se señalizarán con banderolas o luces rojas las partes salientes de la carga y, de producirse estos salientes, no excederán de 1,50 m.
- En las maniobras con riesgo de vuelco del vehículo, se colocarán topes y se ayudarán con un señalista.
- Cuando se tenga que circular o realizar maniobras en proximidad de líneas eléctricas, se instalarán gálibos o topes que eviten aproximarse a la zona de influencia de las líneas.
- No se permitirá el transporte de personas fuera de la cabina de los vehículos
- No se transportarán, en ningún caso, cargas suspendidas por la pluma con grúas móviles.
- Se revisará periódicamente el estado de los vehículos de transporte y medios auxiliares correspondientes,

Para la prefabricación, izado y montaje de estructuras, cerramientos y equipos

- Se señalizarán y acotarán las zonas en que haya riesgo de caída de materiales por manipulación, elevación y transporte de los mismos.
- No se permitirá, bajo ningún concepto, el acceso de cualquier persona a la zona señalizada y acotada en la que se realicen maniobras con cargas suspendidas.
- El guiado de cargas/equipos para su ubicación definitiva, se hará siempre mediante cuerdas guía manejadas desde lugares fuera de la zona de influencia de su posible caída, y no se accederá a dicha zona hasta el momento justo de efectuar su acople o posicionamiento.
- Se taparán o protegerán con barandillas resistentes o, según los casos, se señalizarán adecuadamente los huecos que se generen en el proceso de montaje.

-Se ensamblarán a nivel de suelo, en la medida (que lo permita la zona de montaje y capacidad de las grúas, los módulos de estructuras con el fin de reducir en lo posible el número de horas de trabajo en altura y sus riesgos.

-Los puestos de trabajo de soldadura estarán suficientemente separados o se aislarán con pantallas divisorias.

-La zona de trabajo, sea de taller o de campo, se mantendrá siempre limpia y ordenada.

-Los equipos/estructuras permanecerán arriostradas, durante toda la fase de montajes hasta que no se efectúe la sujeción definitiva, para garantizar su estabilidad en las peores condiciones previsibles.

-Los andamios que se utilicen cumplirán los requerimientos y condiciones mínimas definidas en la O.G.S.H.T.

-Se instalarán cuerdas o cables fiadores para sujeción de los cinturones de seguridad en aquellos casos en que no sea posible montar plataformas de trabajo con barandilla, o sea necesario el desplazamiento de operarios sobre la estructura. En estos casos se utilizarán cinturones de caída, con arnés provistos de absorción de energía.

De cualquier forma dado que estas operaciones y maniobras están muy condicionadas por el estado real de la obra en el momento de ejecutarlas, en el caso de detectarse una complejidad especial se elaborará un estudio de seguridad específico al efecto.

- **Para maniobras de izado y ubicación en obra de materiales y equipos**

Las medidas de prevención a aplicar en relación con los riesgos inherentes a este tipo de trabajos, que ya se relacionaron, están contempladas y definidas en el punto anterior, destacando especialmente las correspondientes a:

-Señalizar y acotar las zonas de trabajo con cargas suspendidas.

-No permanecer persona alguna en la zona de influencia de la carga.

-Hacer el guiado de las cargas mediante cuerdas.

-Entrar en la zona de riesgo en el momento del acoplamiento.

- **En instalaciones de distribución de energía**

-Deberán verificarse y mantenerse con regularidad las instalaciones de distribución de energía presentes en la obra, en particular las que estén sometidas a factores externos.

-Las instalaciones existentes antes del comienzo de la obra deberán estar localizadas, verificadas y señalizadas claramente.

-Cuando existan líneas de tendidos eléctricos aéreos que pueda afectar a la seguridad de la obra será necesario desviarlas fuera del recinto de la obra o dejarlas sin tensión. Si esto no fuera posible, se colocarán barreras o avisos para que los vehículos y las instalaciones se mantengan alejados de las mismas. En caso de que vehículos de la obra tuvieran que circular bajo el tendido se utilizará una señalización de advertencia y una protección de delimitación de altura.

- **Barandillas**

-Las barandillas provisionales se instalarán de tal forma que sea posible su instalación sin retirar la anterior protección colectiva y que no sea necesario desmontarlas hasta la instalación de las protecciones definitivas y no interfieran con los trabajos a desarrollar en su entorno.

-Tendrán la resistencia que marca la normativa vigente, y constarán de barra superior, barra intermedia y rodapié.

-No se retirarán en ninguno de sus tramos bajo ningún concepto en ningún momento.

- **Trabajos en zanjas**

-Trabajos en el interior de zanjas y su entorno, excavación de zanjas. La empresa que resulte adjudicataria de la obra, en su plan de seguridad, especificará cual de las diferentes posibilidades contempladas en la NTP 278 aplicará a cada una de las zanjas que deba ejecutar, justificando la decisión adoptada.

-Las zanjas que deban ser cruzadas por operarios dispondrán de pasarelas de anchura y resistencia suficientes protegidas con barandillas adecuadas.

-En evitación de caídas al aproximarse a las zanjas los vehículos, se prohíbe rellenar directamente mediante basculamiento. Así mismo, se prohíbe bascular directamente sobre vertederos. En ambos casos se descargará a una distancia segura y se empujará el material mediante una máquina apropiada.

-En los puntos de descarga fijos, como bocas de llenado de plantas de áridos, se colocarán topes de descarga realizados con un par de tablones embridados, fijados al terreno por medio de redondos hincados al mismo, o de otra forma eficaz.

-Los riesgos derivados del paso de vehículos sobre zanjas, escalones o resaltos de los caminos se salvarán mediante la interposición de palastros resistentes. Si por alguna de estas zonas se prevé el paso de peatones, el llantón no podrá ser liso en su cara superior, para evitar resbalones en días de humedad.

-Los tramos de tubería en carga suspendida, serán gobernados mediante cabos de seguridad, para evitar que se toquen directamente con las manos y produzcan accidentes, así mismo estará prohibido permanecer bajo ellos. El emboquillado de tuberías se realizará con ayuda de pinzas apropiadas.

12.4.2. PROTECCIONES PERSONALES.

Como complemento de las protecciones colectivas será obligatorio el uso de las protecciones personales. Los mandos intermedios y el personal de seguridad vigilarán y controlarán la correcta utilización de estas prendas de protección.

Para no extendernos demasiado, y dado que la mayoría de los riesgos de los riesgos que obligan al uso de las protecciones personales son comunes a las actividades a realizar, relacionamos las prendas de protección previstas para el conjunto de los trabajos.

Se prevé el uso, en mayor o menor grado, de las siguientes protecciones personales:

-Casco, con los siguientes criterios de selección:

- Pesará menos de 300 g (Excepto trabajos con arnés y en alta tensión)

- La banda occipital del arnés debe pasar por debajo de cráneo para evitar la caída del casco al mirar hacia abajo (Excepto trabajos con arnés, que deberán llevar barbuquejo)

- Las bandas superiores del casco deberán ser de material que permita la transpiración.

- Cumplirá la norma UNE-397

- Deberán sustituirse aquellos cascos que hayan sufrido impactos violentos, aún cuando no se les aprecie exteriormente deterioro alguno. Se considerará un envejecimiento del material en el plazo de unos cuatro años, si el fabricante no recomienda otra cosa.

- Serán de uso personal, y en aquellos casos extremos en que hayan de ser utilizados por otras personas, se cambiarán las partes interiores que se hallen en contacto con la cabeza.

- En trabajos de soldadura y oxicorte podrán ir dotados de una pantalla abatible de protección de radiaciones de soldadura con visor filtrante recambiable.

-Protección auditiva:

- Debe ser posible utilizarlos a la vez que el casco protector de cabeza, por lo que o bien presentarán atalaje a la nuca o acoplable al casco u otro sistema que permita uso simultáneo.

- Los protectores auditivos vienen regulados según la norma EN-352. Partes 1 y 2

- Cuando el nivel de ruidos en un puesto o área de trabajo sea superior a 90 dB (A), será obligatorio el uso de elementos o aparatos individuales de protección auditiva, sin perjuicio de las medidas generales de aislamiento e insonorización

que proceda adoptar.

- Podrán ser auriculares con filtro, orejeras de almohadilla, tapones, etc.
- Los elementos de protección auditivos serán siempre de uso individual.
- Serán de peso escaso
- Pantalla facial transparente.
- Pantalla de soldador con visor abatible y cristal inactínico.
- Mascarillas faciales según necesidades.
- Mascarillas desechables de papel.
- Guantes de varios tipos (montador, soldador, aislante, goma, etc.)
- Cinturón de seguridad

Condiciones en las que se permitirá el uso de arneses:

- Personal previamente formado
- Presencia de persona responsable (director de montaje o recurso preventivo)
- Trabajos previamente desarrollados en los procedimientos de trabajo de los planes de seguridad
- Utilizará casco adecuado a estos trabajos, no el genérico de obra
- Cuando haya quedado perfectamente establecida la cadena de protección completa desde la zona de seguridad, en la cual es posible permanecer sin amarrar, hasta el punto de trabajo (esto es, elementos resistentes, elementos intermedios (cáncamos, mosquetones, líneas de vida, etc. etc.) sistema de absorción de energía y arnés.
- Siempre que sea posible, estos sistemas limitarán el acceso a las zonas peligrosas.

Todos estos elementos, cuando sea exigible, estarán homologados, llevarán el marcado CE, y estarán en perfecto estado de uso.

Se revisará el estado de estos equipos cada día que se utilicen para desechar los que se encuentren deteriorados.

Los elementos auxiliares estarán dimensionados de forma que todo el conjunto sea eficaz.

-Las normas EN-341, EN-353, EN-354, EN-355, EN-358, EN-360, EN-361, EN-362, EN-363, EN-364 y EN-365 establecen los ensayos y especificaciones que deben cumplir los equipos de protección contra caídas de altura.

-En todo trabajo en altura con peligro de caída eventual, será preceptivo instalar protecciones colectivas. El uso de arnés de seguridad se limitará al montaje de aquellas protecciones colectivas, o a la realización de aquellos trabajos que la actual técnica constructiva no haya sido capaz de cubrir mediante otros procedimientos (p. Ej., montaje de una grúa torre)

-Para los ascensos y descensos por escaleras verticales que dispongan de cable fiador, se utilizará junto con el arnés, un dispositivo anticaídas homologado.

-Absorbedores de energía.

-Chaqueta, peto, manguitos y polainas de cuero.

-Gafas de varios tipos (contraimpactos, sopletero, etc).

-Será obligatorio para acceder al recinto de obra portar unas gafas de seguridad con su correspondiente funda (o pantalla facial incorporada al casco)

-Deberán utilizarse para todos los trabajos que así lo defina el plan de seguridad de la obra (virutas, salpicaduras, radiaciones, polvo)

-Se suministrarán con funda o bolsa protectora para guardar cuando no se usen

- No se proporcionarán gafas de montura integral adaptable al rostro ya que las válvulas antiempañamiento se obturan con el polvo y son ineficaces, a no ser que se justifique en el plan de seguridad para algún trabajo concreto

-Pantallas faciales antiimpactos: sólo se permitirán aquellas pantallas faciales

que formen un conjunto solidario con el casco, para poder ser utilizados ambos elementos de forma simultánea.

-Pantallas para soldadura: sólo se permitirán aquellas pantallas faciales que formen un conjunto solidario con el casco, para poder ser utilizados ambos elementos de forma simultánea.

-A continuación definiremos las características técnicas reglamentarias de los protectores oculares.

MARCAJE DE LA MONTURA.:

Debe comportar obligatoriamente:

-Las siglas C y la identificación del fabricante.

-El número de la normativa EN 166 /EN 165

-Los diferentes símbolos de utilización y resistencia mecánica, según los ensayos solicitados por el fabricante.

MARCAJE DE LOS CRISTALES.

Debe comportar obligatoriamente:

-Identificación del fabricante.

-Los diferentes símbolos de utilización y resistencia mecánica, según los ensayos solicitados por el fabricante.

-Categoría óptica.

-Número de escalado para los cristales filtrantes

-Calzado de seguridad, adecuado a cada uno de los trabajos.

-Todo calzado dispondrá de puntera y suela metálica de resistencia s/ norma.

-Sólo los trabajadores de alta tensión podrán usar calzado que no cumpla este punto, ya que es prioritario el uso de calzado dieléctrico. El calzado dieléctrico que utilicen deberá poseer la mayor protección mecánica posible.

-En las botas de agua se exige el mismo nivel de protección que en cualquier otro tipo de calzado.

NIVEL DE PROTECCIÓN SEGÚN NORMA EUROPEA

La elección del calzado cumplirá con las normativas:

EN 344: exigencias y métodos de ensayo.

EN 345, EN 346, EN 347: se diferencian por la presencia (o no) y el nivel de prestación de puntera, definiendo los artículos de calzado de seguridad, de protección y de trabajo

-Ropa de trabajo.

Todas las protecciones personales cumplirán la Normativa Europea (CE) relativa a Equipos de Protección Individual (EPI).

A modo de resumen, será obligatorio el uso permanente de casco, chaleco de alta visibilidad y calzado de seguridad Cat. S1P en toda la obra. Además será obligatorio el llevar encima gafas de seguridad para acceder al recinto de las obras o pantalla incorporada al casco.

12.4.3. REVISIONES TECNICAS DE SEGURIDAD.

Su finalidad es comprobar la correcta aplicación del Plan de Seguridad. Para ello, el Contratista velará por la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en dicho Plan.

Sin perjuicio de lo anterior, podrán realizarse visitas de inspección por técnicos asesores especialistas en seguridad, cuyo asesoramiento puede ser de gran valor.

12.5. INSTALACIONES ELECTRICAS PROVISIONALES.

La acometida eléctrica general alimentará una serie de cuadros de distribución de los distintos contratistas, los cuales se colocarán estratégicamente para el suministro de corriente a sus correspondientes instalaciones, equipos y herramientas propias de los trabajos.

12.5.1. RIESGOS PREVISIBLES.

Los riesgos implícitos a estas instalaciones son los característicos de los trabajos y manipulación de elementos (cuadros, conductores, etc. y herramientas eléctricas, que pueden producir accidentes por contactos tanto directos como indirectos.

12.5.2. MEDIDAS PREVENTIVAS.

Las principales medidas preventivas a aplicar en instalaciones, elementos y equipos eléctricos serán los siguientes:

- **Cuadros de distribución**

Serán estancos, permanecerán todas las partes bajo tensión inaccesibles al personal y estarán dotados de las siguientes protecciones:

- Interruptor general.
- Protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Diferencial de 300 mA.
- Toma de tierra de resistencia máxima 20.
- Diferencial de 30 mA para las tomas monofásicas que alimentan herramientas o útiles portátiles.
- Tendrán señalizaciones de peligro eléctrico
- Solamente podrá manipular en ellos el electricista.

-Los conductores aislados utilizados tanto para acometidas como para instalaciones, serán de 1.000 voltios de tensión nominal como mínimo.

- **Prolongadores, clavijas, conexiones y cables**

-Los prolongadores, clavijas y conexiones serán de tipo intemperie con tapas de seguridad en tomas de corriente hembras y de características tales que aseguren el aislamiento, incluso en el momento de conectar y desconectar

-Los cables eléctricos serán del tipo intemperie sin presentar fisuras y de suficiente resistencia a esfuerzos mecánicos.

-Los empalmes y aislamientos en cables se harán con manguitos y cintas aislantes vulcanizadas.

-Las zonas de paso se protegerán contra daños mecánicos.

- **Herramientas y útiles eléctricos portátiles**

-Las lámparas eléctricas portátiles tendrán el mango aislante y un dispositivo protector de la lámpara de suficiente resistencia. En estructuras metálicas y otras zonas de alta conductividad eléctrica se utilizarán transformadores para tensiones de 24 v.

-Todas las herramientas, lámparas y útiles serán de doble aislamiento.

-Todas las herramientas, lámparas y útiles eléctricos portátiles, estarán protegidos por diferenciales de alta sensibilidad (30 mA).

- **Maquinas y equipos eléctricos**

Además de estar protegidos por diferenciales de media sensibilidad (300 mA), irán conectados a una toma de tierra de 20 .o. de resistencia máxima y llevarán incorporado a la manguera de alimentación el cable de tierra conectado al cuadro de distribución.

- **Normas de carácter General**

-Bajo ningún concepto se dejarán elementos de tensión, como puntas de cables terminales, etc., sin aislar.

-Las operaciones que afecten a la instalación eléctrica, serán realizadas únicamente por el electricista.

-Cuando se realicen operaciones en cables cuadros e instalaciones eléctricas, se harán sin tensión

- **Estudio de revisiones de mantenimiento**

Se realizará un adecuado mantenimiento y revisiones periódicas de las distintas instalaciones, equipos y herramientas eléctricas, para analizar y adoptar las medidas necesarias en función de los resultados de dichas revisiones.

13. PLIEGO DE CONDICIONES

13.1. PARTE HIDRAÚLICA

1.1- Ámbito de aplicación.

1.1.1.- Este Pliego de prescripciones técnicas generales será de aplicación en la prestación a contratar, realización del suministro, explotación del servicio o ejecución de las obras y colocación de los tubos, uniones, juntas, llaves y demás piezas especiales necesarias para formar las conducciones de abastecimiento y distribución de aguas potables a presión, cuyo proyecto, ejecución, inspección, dirección o explotación corresponda al Ministerio de Obras Públicas.

1.2.- Conformidad o variación de las prescripciones.

1.2.1.- Se entenderá que el contratista conoce las prescripciones establecidas en este Pliego, a las que queda obligado.

1.2.2.- Serán elaboradas con anterioridad a cada contrato los pliegos de prescripciones técnicas particulares que hayan de regir la ejecución de la obra, la explotación del servicio o la realización del suministro, de conformidad con los requisitos que para cada supuesto establecer la legislación de contratos del Estado.

1.2.3.- En el pliego de prescripciones técnicas particulares, que es uno de los documentos que necesariamente debe contener todo proyecto de obras de primer establecimiento, de reforma o gran reparación, se hará la descripción de las obras y se regulará su ejecución.

A estos efectos, dicho pliego deberá consignar, expresamente o por referencias al presente Pliego de prescripciones técnicas generales; las características que hayan de reunir los materiales a emplear, especificando si se fijan o no las procedencias de los mismos y ensayo a que deben someterse para comprobación de las condiciones que han de cumplir, las normas para la elaboración de las distintas unidades de obra, las instalaciones que hayan de exigirse y las precauciones a adoptar durante la construcción.

Igualmente, y también expresamente o por referencias, en su caso, el presente Pliego de prescripciones técnicas generales detallará las formas de medición y valoración de las distintas unidades de obra y las de abono de las partidas alzadas, establecerá las normas y pruebas previstas para las recepciones.

1.2.4.- Los pliegos de prescripciones técnicas particulares de cada obra, servicio o suministro establecerán las complementarias que no se opongan a las contenidas en este Pliego.

1.2.5.- Cualquier prescripción que figure en el Pliego de prescripciones particulares de cada obra y modifique el presente Pliego será nula, salvo que, debidamente justificada

en el proyecto, haya sido aprobada por la Superioridad, sin perjuicio de la responsabilidad que en todo caso incumbe el proyectista.

En caso de prescripciones contrarias al presente Pliego, se estará a lo establecido en el capítulo II del título primero del libro primero del Reglamento General de Contratación vigente y disposiciones complementarias.

1.3.- Definiciones de las instalaciones y de sus componentes.

1.3.1.- Se entenderá por "tubería" la sucesión de elementos de elementos convenientemente unidos, con la intercalación de todas aquellas unidades que permitan una económica y fácil explotación del sistema, formando un conducto cerrado convenientemente aislado del exterior que conserva las cualidades esenciales del agua para el suministro público, impidiendo su pérdida y contaminación.

1.3.2.- Se llama "red de distribución" al conjunto de tuberías instaladas en el interior de una población interconectadas entre sí, y de las cuales se derivan las tomas para los usuarios.

1.3.3.- Se denomina "conducción" la tubería que lleva el agua desde la captación hasta el depósito regulados u origen de la red de distribución.

1.3.4.- Se llama "arteria" a la tubería del interior de una población que enlaza un sector de su red con el conjunto, con cierta independencia, y sin realizarse tomas directas para usuarios sobre ella.

1.3.5.- Se da el nombre de "tubo" al elemento recto, de sección circular y hueco, que constituye la mayor parte de la tubería. Puede adquirirse normalizado en el comercio o ser fabricado expresamente. Los elementos que permitan cambio de dirección, empalmes, derivaciones, reducciones, uniones con otros elementos, etc., se llamarán piezas especiales.

1.3.6.- Las uniones de todos los elementos anteriores se efectuarán mediante "juntas" que pueden ser de diversos tipos.

1.3.7.- Los elementos que permitan cortar el paso del agua, evitar su retroceso o reducir la presión, se llamarán llaves o válvulas.

1.3.8.- Los elementos que permitan la salida o entrada del aire en las conducciones o tuberías se denominarán "ventosas". Se llamarán desagües las unidades que permitan vaciar las tuberías por sus puntos bajos.

1.3.9.- Los elementos que permitan disponer del agua para usos públicos se denominarán "bocas de riego, hidrantes o fuentes".

1.4.- Presiones.

1.4.1.- Para los tubos fabricados en series se denomina "presión normalizada" (P_n) aquella con arreglo a la cual se clasifican y timbran los tubos.

Con excepción de los de acero, los tubos que el comercio ofrece en venta habrán sufrido en fábrica la prueba a dicha presión normalizada, sin acusar falta de estanquidad. Esta presión se expresará en kilogramos por centímetro cuadrado.

1.4.2.- Se llama presión de rotura (P_n) para tubos de material homogéneo la presión hidráulica interior que produce una tracción circunferencial en el tubo igual a la tensión nominal de rotura a tracción (σ_r) del material de que está fabricado:

Fórmula 1

Siendo D el diámetro interior del tubo y e el espesor de la pared del mismo.

1.4.3.- Se entiende por presión de fisuración (P_f) para los tubos de hormigón armado o pretensado, ambos con o sin camisa de chapa, aquella que haga aparecer la primera fisura de por lo menos, dos décimas de milímetro (0,2 mm.) de anchura y treinta centímetros (30 cm.) de longitud, en una prueba de carga a presión interior.

1.4.4.- La presión máxima de trabajo (P_t) de una tubería es la suma de la máxima presión de servicio más las sobrepresiones, incluido el golpe de ariete.

1.4.5.- Las sobrepresiones por golpe de ariete deberán calcularse en los casos siguientes:

a) Impulsiones de las elevaciones de agua, desde la toma hasta el depósito regulador.

b) Conducciones lineales a presión por gravedad, en su caso.

1.4.6.- En general, bajo la responsabilidad del proyectista, no se calcularán golpes de ariete ni sobrepresiones en las redes de distribución, ateniéndose a lo dispuesto en 1.4.5.

1.4.7.- No obstante lo dispuesto en 1.4.5. en conducciones lineales, con impulsión o a presión por gravedad, podrá prescindirse del cálculo de sobrepresiones y golpe de ariete, previa justificación pero ateniéndose a lo dispuesto en el apartado siguiente.

1.4.8.- Siempre que se prescinda del cálculo de sobrepresiones y golpe de ariete, la presión máxima de trabajo de la tubería definida en 1.4.4. se sustituirá por la estática multiplicada por un coeficiente que el proyectista justificará debidamente.

1.5.- Coeficiente de seguridad a rotura por presión hidráulica interior.

1.5.1.- Para tubos de material homogéneo, excepto plásticos (8.4.7), deberá verificarse siempre:

$$P_r \geq 2 P_n$$

$$(P_n / 2) \geq P_t$$

Por lo tanto, el coeficiente de seguridad o rotura será:

$$(P_r / P_t) \geq 4$$

1.5.2.- Para tubos de hormigón armado o pretensado, ambos con o sin camisa de chapa, deberá verificarse siempre $P_f \geq 2,8 P_t$.

1.5.3.- La fijación del coeficiente de seguridad corresponde al Ingeniero Proyectista, que tendrá en cuenta para ello las diversas circunstancias que pueden presentarse, tales como: Importancia de la población y características de la instalación; cuantía de las presiones; condiciones de las guas y del subsuelo; consecuencias producidas por averías y roturas y tiempo de su reparación, etc., siempre dentro de los límites señalados en 1.5.1 y 1.5.2., como mínimo.

1.6.- Factor de carga.

1.6.1.- Se define como factor de carga a la relación (cociente) entre la carga vertical total sobre el tubo en las condiciones de trabajo y la carga correspondiente a la prueba de flexión transversal (3.6.). En su fijación influyen las condiciones de apoyo de la tubería (camas), la forma de la zanja, la clase de terreno natural y la calidad y compactación del material de relleno de la zanja (10.3.1).

1.7.- Cálculo mecánico.

1.7.1.- En el cálculo mecánico de la tubería se tendrán en cuenta todas las solicitaciones externas e internas que puedan tener lugar en las condiciones de servicio de la misma, así como en su fabricación (cuando proceda), transporte, colocación y pruebas.

1.7.2.- Para el cálculo de las reacciones de apoyo se admite que éstas son uniformes y verticales con un arco de apoyo igual a ciento veinte grados sexagesimales (120°), en el caso de cama de hormigón, y de ochenta grados sexagesimales (80°), para los casos de apoyo sobre gravilla. Para el cálculo de los tubos se supondrá un factor de carga de uno con cinco (1,5) en el caso de apoyo de gravilla, y factor de carga dos (2), en el caso de cama de hormigón.

1.7.3.- Asimismo se calculará el apoyo y anclaje de los codos, cambios de dirección, reducciones, piezas de derivación y, en general, todos aquellos elementos que estén sometidos a acciones que puedan originar movimientos perjudiciales.

1.7.4.- El Proyectista fijará, en su caso, el coeficiente de seguridad para el cálculo mecánico de las tuberías, de los anclajes, apoyos, etc., teniendo en cuenta las circunstancias que concurren en el caso, el material de que están formados, con sus instrucciones y reglamentos aplicables.

1.8.- Diámetro nominal.

1.8.1.- El diámetro nominal (DN) es un número convencional de designación, que sirve para clasificar por dimensiones los tubos, piezas y, demás elementos de las conducciones, y corresponde al diámetro interior teórico en milímetros, sin tener en cuenta las tolerancias. Para los tubos de plástico, el diámetro nominal corresponde al exterior teórico en milímetros, sin tener en cuenta las tolerancias.

1.9.- Condiciones generales sobre tubos y piezas..

1.9.1.- La superficie interior de cualquier elemento será lisa, no pudiendo admitirse otros defectos de regularidad que los de carácter accidental o local que queden dentro de las tolerancias prescritas y que no representen merma de la calidad ni de la capacidad de desagüe. La reparación de tales defectos no se realizará sin la previa autorización de la Administración.

1.9.2.- La Administración se reserva el derecho de verificar previamente, por medio de sus representantes, los modelos, moldes y encofrados que vayan a utilizarse para la fabricación de cualquier elemento.

1.9.3.- Los tubos y demás elementos de la conducción estarán bien acabados, con espesores uniformes y cuidadosamente trabajados, de manera que las paredes exteriores y especialmente las interiores queden regulares y lisas, con aristas vivas.

1.9.4.- Las superficies de rodadura, de fricción o contacto, las guías, anillos, ejes, piñones, engranajes, etc., de los mecanismos estarán convenientemente trazados, fabricados e instalados, de forma que aseguren de modo perfecto la posición y estanquidad de los órganos móviles o fijos, y que posean al mismo tiempo un funcionamiento suave, preciso, sensible y sin fallo de los aparatos.

1.9.5.- Todas las piezas constitutivas de mecanismos (llaves, válvulas, juntas mecánicas, etc.) deberán, para un mismo diámetro nominal y presión normalizada, ser rigurosamente intercambiables. A tal efecto, el montaje de las mismas deberá realizarse en fábrica, empleándose plantillas de precisión y medios adecuados.

1.9.6.- Todos los elementos de la conducción deberán resistir, sin daños a todos los esfuerzos que estén llamados a soportar en servicio y durante las pruebas y ser absolutamente estancos, no produciendo alteración alguna en las características físicas, químicas bacteriológicas y organolépticas de las aguas, aún teniendo en cuenta el tiempo y los tratamientos físico-químicos a que éstas hayan podido ser sometidas.

1.9.7.- Todos los elementos deberán permitir el correcto acoplamiento del sistema de juntas empleado para que éstas sean estancas; a cuyo fin, los extremos de cualquier elemento estarán perfectamente acabados para que las juntas sean impermeables, sin defectos que repercutan en el ajuste y montaje de las mismas, evitando tener que forzarlas.

1.9.8.- Las válvulas de compuerta llevarán en el volante u otra parte claramente visible para el que las ha de accionar una señal indeleble, indicando los sentidos de apertura y cierre.

Las válvulas de diámetro nominal igual o superior a quinientos (500) milímetros irán provistas además de indicador de recorrido de apertura.

1.10.- Marcado.

1.10.1.- Todos los elementos de la tubería llevarán, como mínimo, las marcas distintivas siguientes, realizadas por cualquier procedimiento que asegure su duración permanente:

1º.- Marca de fábrica.

2°.- Diámetro nominal.

3°.- Presión normalizada en Kg/cm², excepto en tubos de hormigón armado y pretensado y plástico, que llevarán la presión de trabajo.

4°.- Marca de identificación de orden, edad o serie, que permita encontrar la fecha de fabricación y modalidades de las pruebas de recepción y entrega.

1.11.- Pruebas en fábrica y control de fabricación.

1.11.1.- Los tubos, piezas especiales y demás elementos de la tubería podrán ser controlados por la Administración durante el período de su fabricación, para lo cual aquélla nombrará un representante, que podrá asistir durante este período a las pruebas preceptivas a que deben ser sometidos dichos elementos de acuerdo con sus características normalizadas, comprobándose además dimensiones y pesos.

1.11.2.- Independientemente de dichas pruebas, la Administración se reserva el derecho de realizar en fábrica, por intermedio de sus representantes, cuantas verificaciones de fabricación y ensayos de materiales estime precisas para el control perfecto de las diversas etapas de fabricación, según las prescripciones de este Pliego. A estos efectos, el contratista, en el caso de no proceder por sí mismo a la fabricación de los tubos, deberá hacer constar este derecho de la Administración en su contrato con el fabricante.

1.11.3.- El fabricante avisará al Director de obra, con quince días de antelación como mínimo, del comienzo de la fabricación, en su caso, y de la fecha en que se propone efectuar las pruebas.

1.11.4.- Del resultado de los ensayos se levantará acta, firmada por el representante de la Administración, el fabricante y el contratista.

1.11.5.- El Director de obra, en caso de no asistir por sí o por delegación a las pruebas obligatorias en fábrica, podrá exigir al contratista certificado de garantía de que se efectuaron, en forma satisfactoria, dichos ensayos.

1.12.- Entrega y transporte. Pruebas de recepción en obra de los tubos y elementos.

1.12.1.- Después de efectuarse las pruebas en fábrica y control de fabricación previstas en 1.11, el contratista deberá transportar, descargar y depositar las piezas o tubos objeto de su compra, sea en sus almacenes o a pie de obra, en los lugares precisados, en su caso, en el pliego particular de prescripciones.

1.12.2.- Cada entrega irá acompañada de una hoja de ruta, especificando naturaleza, número, tipo y referencia de las piezas que la componen, y deberá hacerse con el ritmo y plazos señalados en el pliego particular. A falta de indicación precisa en éste, el destino de cada lote o suministro se solicitará del Director de la obra con tiempo suficiente.

1.12.3.- Las piezas que hayan sufrido averías durante el transporte o que presentaren defectos no apreciables en la recepción en fábrica serán rechazadas.

1.12.4.- El Director de obra, si lo estima necesario, podrá ordenar en cualquier momento la repetición de pruebas sobre las piezas ya ensayadas en fábrica serán rechazadas.

El contratista, avisado previamente por escrito, facilitará los medios necesarios para realizar estas pruebas, de las que se levantará acta, y los resultados obtenidos en ellas prevalecerán sobre los de las primeras.

1.12.5.- Si los resultados de estas últimas pruebas fueran favorables, los gastos serán a cargo de la Administración, y en caso contrario corresponderán al contratista, que deberá además reemplazar los tubos, piezas, etc., previamente marcados como defectuosos; procediendo a su retirada y sustitución en los plazos señalados por el Director de obra. De no realizarlo el contratista, lo hará la Administración, a costa de aquél.

1.13.- Aceptación o rechazo de los tubos.

1.13.1.- Clasificado el material por lotes, de acuerdo con lo que se establece en 3.2. las pruebas se efectuarán según se indica en el mismo apartado, sobre muestras tomadas de cada lote, de forma que los resultados que se obtengan se asignarán al total del lote.

1.13.2.- Los tubos que no satisfagan las condiciones generales fijadas en 1.9. así como las pruebas fijadas en el capítulo 3 y las dimensiones y tolerancias definidas en este Pliego, serán rechazados.

1.13.3.- Cuando un tubo, elemento de tubo o junta no satisfaga una prueba se repetirá esta misma sobre dos muestras más del lote ensayado. Si también falla una de estas pruebas, se rechazará el lote ensayado, aceptándose si el resultado de ambas es bueno.,

1.13.4.- La aceptación de un lote no excluye la obligación del contratista de efectuar los ensayos de tubería instalada que se indican en 1.14 y reponer, a su costa, los tubos o piezas que puedan sufrir deterioro o rotura durante el montaje o las pruebas en zanja.

1.14.- Pruebas en zanja.

1.14.1.- Una vez instalada la tubería, antes de su recepción, se procederá a las pruebas preceptivas de presión interior y estanquidad que se indican en el capítulo 11, así como a las que se establezcan en el correspondiente pliego particular de la obra.

1.15.- Gastos de ensayos y pruebas.

1.15.1.- Son a cargo del contratista o, en su caso, del fabricante los ensayos y pruebas obligatorios y los que con este carácter se indiquen en el pliego particular del proyecto, tanto en fábrica como al recibir el material en obra y con la tubería instalada.

1.15.2.- Será asimismo de cuenta del contratista aquellos otros ensayos y pruebas en fábrica o en obra que exija el Director de obra, si los resultados de los citados ensayos ocasionasen el rechazo del material.

1.15.3.- Los ensayos y pruebas que haya que efectuar en los laboratorios oficiales, designados por la Administración como consecuencia de interpretaciones dudosas de

los resultados de los ensayos realizados en fábrica o en la recepción del material en obra serán abonados por el contratista o por la Administración, con cargo a la misma, sí, como consecuencia de ellos, se rechazasen o se admitiesen, respectivamente, los elementos ensayados.

1.15.4.- El contratista está obligado a tomar las medidas oportunas para que el Director de obra disponga de los medios necesarios para realizar las pruebas en zanja prescritas en 1.14.1. sin que ello suponga a la Administración gasto adicional alguno.

2.- MATERIALES Y ENSAYOS

2.1.- Generalidades.

2.1.1.- Todos los elementos que enteren en la composición de suministros y obras procederán de talleres o fábricas aceptados por la Administración.

2.1.2.- Los materiales normalmente empleados en la fabricación de tubos y otros elementos para tuberías serán los siguientes: Fundición, acero amianto-cemento, hormigón, plomo, bronce, caucho y plástico. Estos materiales, o los componentes con los que éstos se fabriquen, habrán de satisfacer las condiciones previstas en este capítulo para cada uno de ellos o para las materias con las que se fabrican.

2.1.3.- Podrá aceptarse el empleo de materiales distintos de los señalados, de uso no corriente en las conducciones de agua, pero obligará a priori la realización de los ensayos necesarios para determinar las características actuales y el comportamiento en el futuro del material, de los tubos y de las piezas especiales, sometidos a las acciones de toda clase que deberán soportar cuando estén en funcionamiento. Estos ensayos se realizarán en los laboratorios oficiales, designados, en su caso, por la Administración, y sus resultados permitirán fijar los límites de las citadas características en el pliego de condiciones correspondiente, de acuerdo con los criterios generales establecidos en este Pliego.

2.1.4.- La Administración fijará las condiciones para la recepción de los elementos de la conducción fabricados con dichos materiales, y las decisiones que tome deberán ser aceptadas por el contratista.

2.2.- Calidad de los materiales.

2.2.1.- Los materiales a emplear en la fabricación de los tubos deberán responder a los requisitos que en este Pliego se indican.

2.2.2.- Además de los controles que se efectúen en los laboratorios oficiales que serán preceptivos en caso de duda o discrepancia, deberán efectuarse análisis sistemáticos durante el proceso de fabricación; con tal fin, el fabricante estará obligado a tener próximo a sus talleres un laboratorio idóneo para la determinación de las características exigidas a cada material en este capítulo del Pliego.

2.3.- Calidad de la fundición.

2.3.1.- La fundición empleada para la fabricación de tubos, uniones, juntas, piezas y cualquier otro accesorio deberá ser fundición gris, con grafito laminar (conocida como fundición gris normal) o con grafito esferoidal (conocida también como nodular o dúctil.).

2.3.2.- La fundición presentará en su fractura grano fino, regular, homogéneo y compacto. Deberá ser dulce, tenaz y dura; pudiendo, sin embargo, trabajarse a la lima y al buril, y susceptible de ser cortada y taladrada fácilmente. En su moldeo no presentará poros, sopladuras, bolsas de aire o huecos, gotas frías, grietas, manchas, pelos ni otros defectos debidos a impurezas que perjudiquen a la resistencia o a la continuidad del material y al buen aspecto de la superficie del producto obtenido. Las paredes interiores y exteriores de las piezas deben estar cuidadosamente acabadas, limpiadas y desbarbadas.

2.4.- Características mecánicas de la fundición.

2.4.1.- Las características mecánicas de la fundición gris normal se comprobarán de acuerdo con las normas de ensayo que figuen en este Pliego, y los resultados deberán ser los expresados en el cuadro número 2.4.1.

2.4.2.- Las características mecánicas de la fundición dúctil se comprobarán de acuerdo con las normas de ensayo que figuran en este Pliego, y los resultados deberán ser los expresados en el cuadro número 2.4.2.

2.4.3.- Los tubos, uniones y piezas de las conducciones deberán poder ser cortados, perforados y trabajados; en caso de discusión, las piezas se considerarán aceptables si la dureza en unidades Brinell no sobrepasa lo indicado en los cuadros 2.4.1. y 2.4.2.

2.5.- Ensayos mecánicos de la fundición.

2.5.1.- Los ensayos mecánicos preceptivos a que habrá de someterse la fundición para comprobar la calidad del material serán los siguientes:

- Ensayo de rotura a tracción o flexo-tracción (2.6) y (2.7).
- Resiliencia o impacto sólo para la fundición gris (2.8) y (2.9).
- Dureza Brinell (2.10).

2.5.2.- Estos ensayos tendrán lugar de acuerdo con las condiciones que figuran en (2.6) a (2.10) y con las instrucciones específicas complementarias que pudieran dictarse.

2.5.3.- Durante el período de fabricación se efectuarán ensayos mecánicos por lo menos dos veces por jornada de fundición.

2.5.4.- Cuando el representante de la Administración asista al proceso de fabricación o colada, señalará el momento de la toma de muestras y preparación y ensayo de las probetas. Estas muestras serán marcadas con un punzón y se tomará nota de su fecha de fabricación. Si dicho representante no estuviera presente para efectuar estas operaciones, el fabricante podrá proseguir la fabricación toma de muestras sin su

presencia.

2.5.5.- De cada lote de tubos procedentes de la misma colada se sacarán tres probetas para cada uno de los ensayos a realizar. El valor medio obtenido de cada serie de ensayos no debe ser inferior en ningún caso, a los valores previamente fijados y además ninguna de las tres probetas dará un resultado inferior en un diez por ciento (10 por 100) a dichos valores.

2.6.- Ensayos para determinar la tensión de rotura a flexión en la fundición.

2.6.1.- Este ensayo, en los tubos de fundición centrifugada en coquillas metálica, se hará sobre anillos que se cortarán del extremo macho del tubo: éstos serán de unos veinticinco milímetros de anchura. Las secciones serán mecanizadas, perfectamente paralelas y perpendiculares al eje del tubo. El anillo será colocado en una máquina apropiada que permita proporcionar un esfuerzo de tracción por el interior por medio de dos cuchillos orientados en dos generatrices diametralmente opuestas. Los filos de estos cuchillos, apoyados en dichas dos generatrices, están formados por la intersección de dos caras que deben formar un ángulo de ciento cuarenta grados (140 °) acordadas con un radio de cinco milímetros (5 mm.).

En la figura 2.6.1. puede verse una disposición satisfactoria.

La tensión de rotura a flexión del anillo se deducirá de la carga total de rotura por la fórmula siguiente:

Fórmula 2

en la cual:

σ_r = tensión de rotura a la flexión del anillo en kg/mm^2 .

P = carga de rotura en kilogramos.

D = diámetro interior del anillo en milímetros.

e = espesor del anillo en mm.

b = anchura del anillo en mm.

CUADRO N° 2.4.1

Fundición gris con grafito laminar (fundición gris normal)

Ensayos Tipos de fundición	Flexión (mínimo) Kg/mm^2	Tracción mínimo garantizado Kg/mm^2	Resilencia (mínimo) Kg/cm^2	Dureza Brinell máxima	Módulo elasticidad (1) Kg/mm^2
Tubos	40	--	0,12	215	10.000 a

centrífugados en coquilla metálica $D \leq 300$ milímetros	(Anillos)			(235 en superficie)	12.000
Tubos centrífugados en coquilla metálica $300 < D < 600$ mm.	--	20	0,12	215 (235 en superficie)	10.000 a 12.000
Tubos centrífugados en coquilla metálica $D > 600$ milímetros	--	18	0,12	215	10.000 a 12.000
Tubos centrífugados en molde de arena	--	18	0,12	215	10.000 a 12.000
Tubos fundidos verticalmente en molde de arena, uniones piezas	(2) 26	(2) 14	Se sustituye por el ensayo de impacto (2.09).	215	7.000 a 10.000
(1) Los valores de esta columna son meramente indicativos.					
(2) Sólo será obligatorio realizar uno de los dos ensayos.					

CUADRO N° 2.4.2

Fundición gris grafito esferoidal (fundición dúctil)

Ensayo	Tracción mínimo garantizado	Alargamiento a la rotura	Dureza Brinell máxima
Tipos de fundición	Kg/mm ²	Porcentaje	
Tubos centrífugados	43	8	230
Tubos fundidos en molde de arena y piezas	43	5	230

FIGURA 2.6.1.

2.6.2.- El ensayo para determinar la tensión de rotura a flexión en la fundición vertical en molde de arena, se efectuará sobre una barra cilíndrica de sección perfectamente circular de veinticinco (25) milímetros de diámetro con una longitud total de seiscientos (600) milímetros, se colocará sobre unos soportes separados quinientos (500)

milímetros, y será sometida a flexión, debiendo resistir sin romperse una carga total de trescientos veinte (320) kilogramos, aplicada gradualmente en su centro, a la que corresponde una tensión de veintiséis (26) kilogramos por milímetro cuadrado. La flecha en el centro de la barra en el momento de la rotura, no debe ser menor de cinco (5) milímetros.

2.7.- Ensayos para determinar la tensión de rotura a tracción en las tuberías de fundición.

2.7.1.- Las probetas para ensayos de tracción en la fundición centrifugado se obtendrán de los mismos tubos, si el espesor lo permite. Tendrán una longitud aproximada de noventa (90) milímetros. Su parte central, en una longitud de treinta (30) milímetros, tendrá seis (6) milímetros de diámetro y se acordará con una superficie de amplio radio a los dos extremos de la pieza, cuyos últimos veinte (20) milímetros serán cilíndricos de dieciséis (16) milímetros de diámetro, de tal forma que se presten a la sujeción a la máquina de ensayo (Figura 2.7.1.).

FIGURA 2.7.1

2.7.2.- Para la fundición vertical se prepararán las probetas sin defectos, convenientemente moldeadas, si son en bruto, o si no correctamente mecanizadas. Serán de sección circular de veinte a veinticinco (20 a 25) milímetros de diámetro en su parte central, y una longitud de cincuenta (50) milímetros y dispondrán en cada extremo de un orificio que permita su sujeción a la máquina de ensayo. En la figura 2.7.2. se presenta este tipo de pieza y la manera de sujetarla, de forma que se obtenga una unión que evite los efectos parásitos que falsearían los resultados. Se someterán las piezas a un esfuerzo de tracción gradualmente creciente hasta llegar a la rotura de las mismas.

FIGURA 2.7.2

2.8.- Ensayos para determinar la resiliencia en tuberías de fundición.

2.8.1.- Se harán sobre una probeta de sección cuadrada de seis a diez (6 a 10) milímetros de lado y cincuenta y cinco (55) milímetros de longitud mecanizada en sus cuatro caras de forma que resulten perfectamente paralelas y perpendiculares unas a otras. Las probetas de esta forma y dimensiones se ensayarán de acuerdo con la norma UNE 7056 interponiendo entre los extremos de cada probeta y los apoyos de la máquina unas piezas prismáticas metálicas cuya altura sumada a la semialtura de la probeta sea igual a cinco (5) milímetros. En los casos en que el espesor del tubo no permita mecanizar una probeta de sección cuadrada de seis (6) milímetros de lado, la probeta tendrá de espesor el grosor del tubo sin mecanizar; diez (10) milímetros de anchura y cincuenta y cinco (55) milímetros de longitud. Las superficies mecanizadas serán paralelas simétricas respecto a un plano diametral del tubo (Figura 2.8.1).

FIGURA 2.8.1

2.9.- Ensayo para determinar la resistencia al impacto en tuberías de fundición vertical en molde de arena.

2.9.1.- Se efectuará sobre una barra de doscientos (200) milímetros de longitud y

sección cuadrada de cuarenta (40) milímetros de lado con las caras perfectamente planas y paralelas, obtenida de la misma colada de fundición de los tubos objeto del ensayo. Se colocará horizontalmente sobre dos apoyos a una distancia entre ejes de ciento sesenta (160) milímetros debiendo resistir sin romperse el impacto producido por un peso de doce (12) kilogramos cayendo libremente de una altura de cuatrocientos (400) milímetros en el centro de la barra. Los apoyos de las barras estarán formados por dos caras que formen un ángulo de cuarenta y cinco grados sexagesimales (45), unidos por una superficie cilíndrica de dos (2) milímetros de radio. El peso debe terminar por su parte inferior en un sector cilíndrico de anchura igual a la que tiene la probeta y un radio de cincuenta (50) milímetros. Los planos tangentes del mismo deben formar un ángulo de noventa grados sexagesimales (90°).

2.10.- Ensayo para determinar la dureza de las tuberías de fundición.

2.10.1.- Se realizará sobre las probetas o anillos utilizados en los ensayos precedentes mediante la aplicación de una carga de tres mil (3.000) kilogramos sobre una bola de diez (10) milímetros de diámetro durante quince (15) segundos. (UNE número 7017).

2.11.- Características generales de acero para tubos.

2.11.1.- El acero empleado en la fabricación de tubos y piezas especiales será dulce y perfectamente soldable. A requerimiento de la Administración el fabricante deberá presentar copia de los análisis de cada colada. Los ensayos de soldadura se efectuarán a la recepción del material y consistirán en el plegado sobre junta soldada.

2.11.2.- Las características, sobre producto, para el acero en la fabricación de tubos serán las establecidas en el cuadro siguientes:

Clase de tubo	Tracción Kg/mm²	Mínimo alargamiento de U en tanto por ciento Porcentaje	Carbono (C) Porcentaje máximo	Fósforo (P) Porcentaje máximo	Azufre (S) Porcentaje máximo
Tubos soldados a tope	37 a 45	26	--	0,060	0,055
Tubos sin soldadura	37 a 45	26	--	0,060	0,055
	52 a 62	22	0,23	0,055	0,055

2.12.- Modo de efectuar los ensayos a tracción de la chapa de aceros para tubos.

2.12.1.- Las probetas de tracción para el acero se cortarán de las chapas antes de la obtención de los tubos o de estos mismos y tendrán la forma y dimensiones de acuerdo con la figura 2.12.1. correspondiendo a secciones circular y rectangular.

FIGURA 2.12.1.

Longitud útil $U = 20$ centímetros

Longitud trabajada L no menor a 23 centímetros.

Longitud total $T = 45$ centímetros.

Espesor de la probeta (e) en milímetros	Máximo ancho de la zona útil (a) en milímetros
Mayor de 20	40
Entre 9 y 20	50
Menor de 9	65

Longitud útil $U = 5,65$ Raíz cuadrada de S , siendo la sección de probeta.

Longitud útil L no menor de $5,65$ raíz cuadrada de $S + 3$ cm.

Longitud total $T = 5,65$ raíz cuadrada de $S + 25$ cm.

La probeta rectangular tendrá un ancho máximo de 30 mm. y su espesor será el de la chapa. Sin embargo, si este espesor es mayor de 30 mm., se rebajará por lo menos a dicha dimensión, por mecanizado de una sola de sus caras. Cuando el espesor sea de 50 mm. o más, previo común acuerdo, podrá utilizarse probeta cilíndrica. En tal caso, su eje estará situado a un tercio de la mitad del espesor a partir de la superficie laminada, o lo más cerca posible de esta posición.

Las probetas se someterán a tracción por medio de una máquina, dispositivos y métodos adecuados.

2.12.2.- Cuando la probeta de ensayo rompa fuera de la semilongitud central útil, debe repetirse la prueba con probetas procedentes de la misma chapa de la probada hasta obtener una rotura en la zona correspondiente a la semilongitud central útil.

2.13.- Pruebas de soldadura.

2.13.1.- El representante de la Administración puede escoger para los ensayos dos (2) de cada lote de cien (100) tubos. Si alguna de las dos (2) muestras no alcanza los resultados que a continuación se establecen, podrán escogerse tantos nuevos tubos para ser probados como juzgue necesario el representante de la Administración para considerar satisfactorio el resto del lote. Si las pruebas de soldadura de los nuevos tubos escogidos no fueran satisfactorias, se podrá rechazar el lote o, si así quisiera el fabricante, probar cada uno de los tubos del lote, siendo rechazados los que no alcanzaren los resultados que se indican a continuación.

a) Tubos soldados a tope de diámetro hasta cuatrocientos (400) milímetros. Unos anillos de no menos de cien (100) milímetros de longitud, cortados de los extremos del tubo deben comprimirse entre dos placas paralelas con el punto medio de la soldadura situado en el diámetro perpendicular a la línea de la dirección de esfuerzo. Durante una primera etapa no se presentarán aberturas en la soldadura hasta que la distancia entre las placas sea las tres cuartas partes del diámetro exterior inicial del tubo. Se continúa el

aplastamiento en una segunda etapa y tampoco deben presentarse grietas o roturas hasta que la distancia entre las placas sea el sesenta por ciento (60 por 100) de diámetro exterior inicial del tubo. En la tercera etapa se continúa el aplastamiento hasta que la probeta rompa o hasta que se junten las paredes opuestas del tubo. Si en esta etapa se comprueban deficiencias en el material o en la penetración de la soldadura, puede rechazarse el tubo. Defectos superficiales motivados por imperfecciones en la superficie no serán causa de rechazo.

b) Tubos soldados a tope de diámetro igual o mayor de cuatrocientos (400) milímetros. Unas tiras de cuarenta (40) milímetros de anchura, obtenidas por desarrollo del tubo, con la soldadura aproximadamente en su mitad, deben resistir sin romperse un plegado de ciento ochenta (180) grados sexagesimales alrededor de un mandril cuyo radio sea dos (2) veces el espesor de la pieza probada, la cual debe doblarse con tracción en la base o raíz de la soldadura. Se dice que la soldadura cumple la condición que acaba de estipularse:

b1) si después del plegado no se aprecian grietas u otros defectos visibles mayores de tres (3) milímetros, medidos en cualquier dirección, en la soldadura y el metal base.

b2) aunque se produzcan grietas, si se observa que la penetración de la soldadura es completa y no existen poros ni inclusiones de escoria que tengan más de quince (15) décimas de milímetro en su mayor dimensión, ni la suma de las dimensiones mayores de todos estos defectos comprendidos en un (1) centímetro cuadrado de soldadura es mayor de la citada cifra de quince (15) décimas de milímetro.

2.14.- Características generales del amianto-cemento.

2.14.1.- Los ensayos para probar las características mecánicas del amianto-cemento se efectuarán sobre muestras tomadas de los tubos, además de los ensayos que se hagan sobre los mismo tubos.

2.14.2.- Las características mecánicas del amianto-cemento, que se comprobarán de acuerdo con los ensayos que figuran en este pliego, deberán ser como mínimo las siguientes:

- Tensión de rotura:

Por presión hidráulica interior	$\sigma_t = 200 \text{ Kg/cm}^2$
Por flexión transversal	$\sigma_e = 450 \text{ Kg/cm}^2$
Por flexión longitudinal	$\sigma_f = 250 \text{ Kg/cm}^2$

2.15.- Hormigón para tubos.

2.15.1.- Teniendo en cuenta la clase de hormigón empleado, los tubos se pueden clasificar de la manera siguiente:

Tubos de hormigón	En masa	
	Armado	Con camisa de chapa

		Sin camisa de chapa
	Pretensado	Con camisa de chapa
		Sin camisa de chapa

2.15.2.- Los hormigones y sus componentes elementales, además de las condiciones de este pliego cumplirán las de la Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón o armado.

2.15.3.- Tanto para los tubos centrifugados como para los vibrados, la resistencia característica a la compresión del hormigón debe ser superior a la de cálculo. Esta en ningún caso debe ser inferior a los doscientos setenta y cinco (275) kilogramos por centímetro cuadrado a los veintiocho (28) días, en probeta cilíndrica. La resistencia características se define en la Instrucción para el proyecto y ejecución de obras de hormigón armado en masa.

2.15.4.- Los hormigones que se empleen los tubos se ensayarán con una serie de seis probetas como mínimo diariamente, cuyas características serán representativas del hormigón producido en la jornada. Estas probetas se curarán por los mismos procedimientos que se empleen para cubrir los tubos.

2.16.- Cemento.

2.16.1.- El cemento será en general del tipo portland y cumplirá las condiciones exigidas por el pliego general para la recepción de conglomerantes hidráulicos en obras de carácter oficial. Salvo indicación especial, el presente pliego se refiere a dicho tipo de cemento.

2.16.2.- En el caso de que se ordene o autorice de forma expresa el empleo de otros tipos de cemento, se tendrán en cuenta, de forma particular, las características propias de dichos cementos y se tomarán las precauciones necesarias para su correcto empleo. La utilización de cementos puzolánicos está permitida e incluso recomendada en tuberías situadas en ambientes agresivos; se controlará la humedad y temperatura de curado durante las dos primeras semanas, para obtener, entre otras cualidades, resistencias iniciales adecuadas.

2.16.3.- Se prohíbe de forma taxativa la mezcla o yuxtaposición de cementos de distinto tipo o procedencia para fabricar un mismo tubo, incluso en los tubos pretensados para la ejecución del núcleo y del revestimiento.

2.16.4.- El cemento será acopiado en silos o almacenes adecuados, separado por partidas y conservado en un ambiente exento de humedad, facilitando a la Administración la toma de muestras al objeto de realizar los análisis que justifiquen la admisión o, en su caso, el rechazo.

1.16.5.- El cemento no llegará a la obra excesivamente caliente. Si su manipulación se va a realizar por medios mecánicos, su temperatura no excederá de setenta grados centígrados por medios mecánicos, su temperatura no excederá de setenta grados centígrados (70 °C) y si se va a realizar a mano, no excederá de cuarenta grados centígrados (40 °C) de la temperatura ambiente más cinco grados centígrados (5 °C).

2.17.- Áridos.

2.17.1.- Los áridos cumplirán las condiciones fijadas en la Instrucción vigente para la ejecución y proyecto de las obras de hormigón, además de las particularidades que se fijen en este pliego o en el particular de obra.

2.17.2.- La granulometría de los áridos que se utilicen será estudiada por el fabricante de manera que el producto terminado cumpla las condiciones exigidas. La Administración podrá rechazar razonadamente la granulometría propuesta.

2.17.3.- Al menos ochenta y cinco por ciento (85 por 100) del árido total será de dimensión menor de cuatro décimas (0,4) del espesor de la correspondiente capa de hormigón del tubo, y de los cinco sextos (5/6) de la mínima distancia libre entre armaduras.

2.18.- Agua.

2.18.1.- El agua cumplirá las condiciones exigidas en la vigente Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón.

2.19.- Dosificación.

2.19.1.- El fabricante estudiará la composición del hormigón, con el fin de conseguir la mayor impermeabilidad posible y las resistencias y demás condiciones exigidas.

1.19.2.- Una vez fijadas las cantidades de cada uno de los componentes de la mezcla, se controlarán sistemáticamente, no admitiéndose variaciones que puedan alterar las características indicadas en el párrafo anterior.

2.20.- Acero para armaduras.

2.20.1.- El acero para la fabricación de armaduras será de sección uniforme, de superficies lisas o corrugadas y cumplirá las condiciones exigidas para este material, en la Instrucción para el proyecto y ejecución de obras de hormigón.

2.20.2.- En el caso de tuberías pretensadas, además de cumplir los requisitos exigidos a los aceros de pretensado de uso general, reunirán las condiciones que se citan a continuación:

1º.- Tensión de rotura σ_r .

La carga máxima no será inferior a 150 Kg./mm²

2º.- Límite elástico convencional (0,2 por 100).

$0,82 \sigma_r \leq \sigma_{0,2} \leq 0,90 \sigma_r$ 3º.- Alargamiento en rotura:

Medido según la norma UNE 7265 sobre una base de diez diámetros, no será inferior al 7 por 100.

4°.- Doblado alternativo:

Utilizando en cada caso, el mandril que corresponde, de acuerdo con la tabla que figura a continuación, el número de doblados resistidos no será inferior a 10.

TABLA DE MANDRILES

Diámetro del alambre en milímetros	Diámetro del mandril en milímetros
2	9
2,5	12
3	15
4	20
5	30
6	37
7	45
8	55
9	65
10	75
12	95

5°.- Relajación:

La relajación a 1.000 h. con el 70 por 100 de la carga rotura no será superior al 5 por 100.

6°.- Alambrón:

El alambrón destinado a la obtención del alambre de pretensado será de acero convenientemente desoxidado, y prácticamente exento de nitrógeno, hidrógeno, e inclusiones de cualquier tipo.

7°.- Estructura del alambre:

El estado físico-químico de la microestructura será el correspondiente al trefilado en frío, a partir del patentado en baño de plomo, para que resulte una estructura sorbítica. Finalmente, el alambre será envejecido y estabilizado.

A fin de tener una matriz lo más homogénea posible de perlita fina o sorbita, sin núcleos aislados de ferrita o cementita, los porcentajes de carbono, manganeso y silicio se establecerán entre los límites:

Carbono %	$0,70 \leq C \leq 0,85$
Manganeso %	$0,50 \leq Mn \leq 0,80$
Silicio %	$0,10 \leq Si \leq 0,40$
Fósforo %	máx.º 0,04

Azufre %	máx.º 0,03
----------	------------

8º.- Estado de la superficie:

La superficie o piel del alambre estará fosfatada uniformemente, y sin defectos, procedente del laminado en caliente o del trefilado en frío.

2.21.- Chapa de acero.

2.21.1.- La chapa de acero empleado en la fabricación de la camisa para cualquier clase de tubos, será de acero dulce, de espesor uniforme, y cumplirá las condiciones exigidas para este material en (2.11). No deberá tener carga de rotura inferior a treinta y siete (37) kilogramos por milímetro cuadrado. Deberá poder doblarse en frío, formando un ángulo de ciento ochenta grados sexagesimales (180º), sobre un espesor igual al de la chapa, según la norma UNE 7051-1952.

2.22.- Policloruro de vinilo P.V.C.

2.22.1.- El material empleado se obtendrá del policloruro de vinilo técnicamente puro, es decir, aquel que no tenga plastificantes, ni una proporción superior al uno por ciento de ingredientes necesarios para su propia fabricación. El producto final, en tubería, estará constituido por policloruro de vinilo técnicamente puro en proporción mínima del noventa y seis por ciento (96 por 100) y colorantes, estabilizadores y materiales auxiliares, siempre que su empleo sea aceptable según el Código Alimentario Español.

2.22.2.- Las características físicas del material de policloruro de vinilo en tuberías serán las siguientes:

- Peso específico de uno con treinta y siete a uno con cuarenta y dos (1,37 a 1,42) Kg/dm³ (UNE 53020).
- Coeficiente de dilatación lineal de sesenta a ochenta (60 a 80) millonésimas por grado C.
- Temperatura de reblandecimiento no menor de ochenta grados centígrados (80 °C), siendo la carga del ensayo de un (1) kilogramo (UNE 53118).
- Módulo de elasticidad a veinte grados centígrados (20 °C) \geq (28.000 Kg/dm²).
- Valor mínimo de la tensión máxima (σ_r) del material a tracción quinientos (500) kilogramos por centímetro cuadrado, realizando el ensayo a veinte más menos un grado centígrado (20 \pm 1 °C) y una velocidad de separación de mordazas de seis milímetros por minuto (6 mm/min.) con probeta mecanizada. El alargamiento a la rotura deberá ser como mínimo el ochenta por ciento (8 por 100) (UNE 53112).
- Absorción máxima de agua cuatro miligramos por centímetro cuadrado (4 mg/cm²) (UNE 53112).
- Opacidad tal que no pase más de dos décimas por ciento (0,2 por 100) de la luz incidente (UNE 53039).

2.23.- Polietileno.

2.23.1.- El polietileno puro podrá ser fabricado a alta presión, llamando polietileno de baja densidad o fabricado a baja presión, llamando polietileno de alta densidad.

2.32.2.- El polietileno puro fabricado a alta tensión (baja densidad) que se utilice en tuberías tendrá las siguientes características:

Peso específico hasta novecientas treinta milésimas de gramo por mililitro (0,930 gr/ml) (UNE 53188.)

Coefficiente de dilatación lineal de doscientas a doscientas treinta (200 a 230) millonésimas por grado centígrado. En este tipo de materiales los movimientos producidos por la dilatación dan lugar, en las coacciones, a incrementos tensionales de poca consideración (UNE 53126)-

Temperatura de reblandecimiento \geq ochenta y siete (87 °C) grados centígrados, realizando el ensayo con carga de un (1) kilogramo (UNE 53118).

Índice de fluidez se fija como máximo en dos (2) gramos por diez (10) minutos (UNE 53118).

Módulo de elasticidad a veinte grados centígrados (20 °) igual o mayor que mil doscientos (1.200) Kg/cm².

Valor mínimo de la tensión máxima (resistencia a la tracción σ_r) del material a tracción, no será menor de cien (100) kilogramos por centímetro cuadrado y el alargamiento a la rotura no será inferior a trescientos cincuenta por cien (350 por 100) (UNE 53142).

2.23.3.- El polietileno puro fabricado a baja presión (alta tensión) que se utilice en tuberías tendrá las siguientes características:

Peso específico mayor de novecientas cuarenta milésimas de gramo por mililitro (0,940 gr/ml.) (UNE 53188).

Coefficiente de dilatación lineal de doscientas a doscientas treinta (200 a 230) millonésimas por grado centígrado. En este tipo de materiales los movimientos producidos por la dilatación den lugar, en las coacciones, a incrementos tensionales de poca consideración (UNE 53126)

Temperatura de reblandecimiento no menor de cien grados centígrados (100 °C) realizado el ensayo con carga de un (1) kilogramo (UNE 53118)

Índice de fluidez se fija como máximo en cuatro décimas (0,4) de gramos por diez (10) minutos (UNE 53188).

Módulo de elasticidad a veinte grados centígrados (20 °) igual o mayor que nueve mil (9.000) Kg/cm².

Valor mínimo de la tensión máxima (resistencia a la tracción σ_r) del material a tracción, no será menor que ciento noventa (190) kilogramos por centímetro cuadrado y el alargamiento a la rotura no será inferior a ciento cincuenta por ciento (150 por 100) con velocidad de cien más menos veinticinco (100 ± 25) milímetros por minuto (UNE 53023).

2.23.4.- El material del tubo estará, en definitiva, consituído por:

- Polietileno puro.

- Negro de humo finamente dividido (tamaño de partícula inferior a veinticinco milímicras). La dispersión será homogénea con una proporción de dos por ciento con una tolerancia de más menos décimas ($2 \pm 0,2$ por 100).

- Eventualmente, otros colorantes, estabilizadores y materiales auxiliares, en proporción no mayor de tres décimas por ciento (0,3 por 100), y siempre que su empleo sea aceptable según el Código Alimentario Español. Queda prohibido el polietileno de recuperación.

2.24.- Acero.

2.24.1.- El acero para piezas, tales como pernos, collares, cinturas, etc. será bien batido, no quebradizo, dulce, maleable en frío, de una contextura fibrosa y homogénea, sin pelos, grietas, quemaduras ni cualquier otro defecto. Serán rechazadas las piezas que se hundan o agrieten bajo el punzón o que al ser curvadas se desgarren o corten.

2.25.- Plomo.

2.25.1.- El plomo para juntas será de primera fusión y no podrá contener más de cinco décimas por ciento (0,5 por 100) de materias extrañas, será maleable y no presentará pelos ni grietas cuando se trabaje al martillo. No presentará indicios de hidróxido plumboso, que es soluble y altamente venenoso, y puede producirse al contacto con aguas que llevan oxígeno abundante en disolución.

2.26.- Bronce.

2.26.1.- El bronce que vaya a emplearse deberá ser sano, homogéneo, sin sopladuras ni rugosidades. Su composición será de noventa y dos octavos (92/8), referida a la aleación de cobre y estaño. De cien (100) partes correspondientes a la composición total de la aleación, el análisis no deberá denunciar la presencia de más de dos (2) partes de cinc y una con cinc (1,5) partes de impurezas; el plomo contenido en dichas impurezas no será superior a cinco décimas por ciento (0,5 por 100) de la composición total de la aleación. Se admite una tolerancia de cinco décimas por ciento (0,5 por 100) menos para la presencia de estaño, lo que corresponde a la titulación novecientos veinticinco setenta y cincoavos (925/75)

2.26.2.- El bronce de alta densidad será sometido a ensayos de tracción en probetas, obtenidas por la laminación y recocido, de cien (100) milímetros de longitud y torneadas con trece con ocho (13,8) milímetros de diámetro. Los ensayos se realizarán según MELC 8.01-a, y deberán dar como mínimo los resultados siguientes:

- Tensión de rotura a tracción, cuarenta y cuatro (44) Kg./mm².
- Alargamiento a la rotura, veinte por ciento (20 por 100)
- Límite elástico, veintidós (22) Kg/mm².

Las probetas estarán obtenidas de las coladas, fundidas con la piezas, separadas de ellas y marcadas en presencia del representante de la Administración.

2.27.- Caucho natural para juntas: composición.

2.27.1.- El caucho natural empleado en las juntas deberá ser vulcanizado, homogéneo, exento de caucho regenerado y tener un peso específico no superior a uno con uno (1,1) Kg/dm³.

2.27.2.- El contenido de caucho natural en bruto de primera calidad no deberá ser inferior a setenta y cinco por ciento (75 por 100) en volumen, aun cuando preferiblemente deberá alcanzar un porcentaje superior.

2.27.3.- Deberá estar totalmente exento de cobre, antimonio, mercurio, manganeso, plomo y óxidos metálicos, excepto el óxido de cinc. El extracto acetónico será como máximo del seis por ciento (6 por 100).

2.27.4.- El contenido total de azufre, libre y combinado, no será superior al dos por ciento (2 por 100). El contenido en cenizas será inferior al diez por ciento (10 por 100) y estarán constituidas exclusivamente por óxido de cinc y carbonato cálcico.

2.27.5.- El extracto clorofórmico no deberá ser superior al dos por ciento (2 por 100). El extracto en potasa alcohólica y la carga deberán ser tenidos en cuenta para no sobrepasar el límite del veinticinco por ciento (25 por 100) autorizado en 2.27.2.

2.27.6.- Las cargas deberán estar compuestas de óxido de cinc puro, de negro de humo, también puro, siendo tolerado el carbonato cálcico.

2.27.7.- Las piezas de caucho deberán tratarse con antioxidantes cuya composición no permita que se alteren su aspecto ni sus características físicas o químicas después de una permanencia durante cuatro (4) meses en el almacén en condiciones normales de conservación.

2.27.8.- No serán admitidas en la composición del caucho para las conducciones de agua potable, las sustancias que pudieran alterar las propiedades organolépticas del agua.

2.28.- Caucho sintético.

2.28.1.- Se prohíbe el empleo de caucho regenerado, así como la presencia de cobre, antimonio, mercurio, manganeso, plomo y óxidos metálicos, excepto óxido de cinc.

2.28.2.- Las características físicas y tecnológicas serán las mismas indicadas para el caucho natural.

2.29.- Características y pruebas tecnológicas de los cauchos naturales y sintéticos.

2.29.1.- La prueba de dureza se efectuará con durómetro Shore, a la temperatura de veinte grados centígrados con tolerancia de un grado (20 ± 1 °C) con arreglo a normas aprobadas, y deberá dar dureza de cincuenta con tolerancia de tres (50 ± 3) (UNE 53130).

2.29.2.- El alargamiento a la rotura no será inferior al cuatrocientos veinticinco por ciento (425 por 100) (UNE 53510).

2.29.3.- La carga de rotura referida a la sección inicial no será inferior a ciento cincuenta (150) Kg/cm² (UNE 53510).

2.29.4.- A efectos de deformación remanente, una junta o parte de ella, será sometida entre dos moldes rígidos veinticuatro (24) horas a veinte grados centígrados (20 °C) y comprimida hasta alcanzar el cincuenta por ciento (50 por 100) de la dimensión original. Secada del molde deberá alcanzar en diez (10) minutos la dimensión primitiva, con una tolerancia del diez por ciento (10 por 100) y una hora con el cinco por ciento (5 por 100).

2.29.5.- Para apreciar la resistencia al calor y al envejecimiento, la prueba de deformación se hará con tres (3) muestras manteniendo la junta comprimida veinticuatro (24) horas en la estufa a setenta grados centígrados (70 °C) en ambiente seco. La deformación residual, medida al sacar la junta del molde, deberá ser menor del quince por ciento (15 por 100) de la dimensión original y deberá alcanzar en una hora la dimensión primitiva con el diez por ciento (10 por 100) de tolerancia. Efectuadas las pruebas de dureza, alargamiento y carga de rotura sobre juntas sometidas durante setenta y dos horas (72) a setenta grados centígrados (70 °C) en estufa con ambiente seco y después veinticuatro (24) horas en ambiente normal se obtendrán los mismos resultados sobre las juntas indicados en los apartados 2.29.1., 2.29.2 y 2.29.3, con tolerancias inferiores al diez por ciento (10 por 100).

2.30.- Cuerdas para las juntas.

2.30.1.- Las cuerdas para los fondos de las juntas serán de cáñamo, trenzadas, secas y totalmente exentas de fenoles o de otras sustancias que puedan dar gusto al agua tratada con cloro o cloramina (cloro y amoníaco).

2.31.- Características y pruebas tecnológicas de los betunes y mástiques bituminosos empleados para revestimiento de tubos.

2.31.1.- El barniz bituminoso deberá estar constituido por una disolución conteniendo el cuarenta y cinco por ciento (45 por 100) de betún asfáltico polimerizado disuelto en disolvente idóneo, la reacción del barniz deberá ser neutra o débilmente alcalina.

2.31.2.- Las características del betún polimerizado que constituye el barniz deberán ser las siguientes:

- Temperatura de reblandecimiento (bola y anillo), mínimo ochenta y cinco grados centígrados.

- Penetración DOW a veinticinco grados centígrados (25 °C), mínimo de veinticinco de milímetro (UNE 7013).
- Penetración DOW a cincuenta y cinco grados centígrados (55 °C), mínimo de cincuenta (50) décimas de milímetro (UNE 7013).
- Punto de rotura FRASS, máxima diez grados centígrados bajo cero (-10 °C)
- Punto de inflamación, superior a trescientos grados centígrados (300 °C).
- Peso específico: Debe estar comprendido entre uno con cero y uno con dos (1,01 y 1,2) Kg/dm³.

2.31.3.- A la temperatura del aire de veinte grados centígrados (20 °C), el barniz debe secarse en menos de cincuenta (50) minutos.

2.31.4.- El mástique bituminoso deberá estar constituido por una mezcla de betún asfáltico y materia mineral finamente pulverizada y químicamente inerte. por el tamiz UNE 200 pasará al menos el noventa y cinco por ciento (95 por 100).

2.31.5.- Las características del mástique deberán ser la siguiente:

- Temperatura de reblandecimiento (bola y anillo), mínimo cien grados centígrados (100 °C)
- Penetración DOW a veinticinco grados centígrados (25 °C), mínimo treinta (30) décimas de milímetro.
- Punto de rotura FRASS, máxima ocho grados centígrados bajo cero (-8 °C).
- Punto de inflamación: Superior a doscientos noventa grados centígrados (290 °C).
- Peso específico no superior a uno con cinco (1,5) Kg/dm³).

Prueba de huella señalada por un cilindro recto de base plana y sección transversal de un (1) centímetro cuadrado de superficie. El ensayo se lleva a cabo aplicando un peso de dos y medio (2,5) kilogramos a veinticinco grados centígrados (25 °C), durante veinticuatro (24) horas, mientras el cilindro permanece apoyado en una zona plana de mástique. Al finalizar el ensayo la profundidad de la huella obtenida deberá ser superior a quince (15) milímetros.

2.32.- Características y pruebas tecnológicas de las pinturas, esmaltes y emulsiones de alquitrán empleados para revestimientos de tubos.

2.32.1.- Para la imprimación se utilizará un compuesto de breas de alquitrán procesadas y aceites de alquitrán refinados, perfectamente mezclados y de forma que se obtenga una masa lo suficientemente fluida para poder ser aplicada en frío a brocha o por pulverización. La pintura de imprimación no contendrá benzol ni cualquier otro disolvente tóxico o altamente volátil, ni mostrará tendencia a producir sedimentos en los recipientes en que esté contenida.

2.32.2.- El esmalte estará compuesto de una brea de alquitrán, procesada de forma especial, combinada con un "filler" mineral inerte. No contendrá asfaltos de base natural ni derivados del petróleo.

El esmalte de alquitrán podrá ser de dos tipos: uno, "normal", y otro, de "baja temperatura".

2.32.3.- Las características del esmalte de alquitrán normal utilizado en la protección de las tuberías deberán ser las siguientes:

- Temperatura de reblandecimiento (bola y anillo), mínimo ciento cuatro grados centígrados (104 °C).
- Cenizas, mínimo de veinticinco por ciento (25 por 100), máximo de treinta y cinco por ciento (35 por 100) en peso.
- Penetración DOW a veinticinco grados centígrados (25 °C) (100 g. 5 seg.): mínima doce (12); máxima, treinta (30) (UNE 7013).
- Fluencia en pared vertical a setenta grados centígrados (70 °C), máxima de uno y medio (1,5) milímetros.
- Enfriamiento a menos veintitrés grados centígrados (23 °C), máxima, no se formarán grietas ni se despegará del soporte metálico.
- Deflexión a cinco grados centígrados (5 °C) con mandril de doce (12) milímetros y velocidad de veinticinco (25) milímetros por minuto.
- Profundidad de la flecha a que se inicia la rotura, mínima doce (12) milímetros.
- Área desprendida al alcanzarse una flecha de treinta y ocho (38) milímetros, máxima treinta y dos (32) centímetros cuadrados.
- Deflexión a cinco grados centígrados (5 °C) (después de calentar las probetas dos (2) horas a la temperatura de aplicación del esmalte), con mandril de doce (12) milímetros por minuto.
- Profundidad de la flecha a que se inicia la rotura, mínima de siete con cinco (7,5) milímetros
- Área desprendida al alcanzarse una flecha de treinta y ocho (38) milímetros, máxima de cincuenta y dos centímetros cuadrados.
- Resistencia al impacto a veinticinco grados centígrados (25 °C) con bola de seiscientos cincuenta (650) gramos y altura de caída de dos con cuatro (2,4) metros.
- Área desprendida por impacto directo, máximo de ciento cuatro (104) centímetros cuadrados.

2.32.4.- Las características del esmalte de alquitrán de "baja temperatura" utilizado en la

protección de las tuberías deberán ser las siguientes:

- Temperatura del reblandecimiento (bola y anillo), mínimo ciento cuatro grados centígrados (104 °C).
- Cenizas, mínimo de veinticinco (25) por ciento, máximo de treinta y cinco (35) por ciento en peso.
- Penetración DOW a veinticinco grados centígrados (25 °C) (100 g. 5 seg.): mínima, diez (10); máxima, veinte (20) (UNE 7013).
- Penetración DOW a cuarenta y seis grados centígrados (46 °C) (50 g. 5 seg.): mínima, quince (15); máxima, cincuenta y cinco (55) (UNE 7013).
- Fluencia en pared vertical a setenta grados centígrados (70 °C), máxima de uno y medio (1,5) milímetros.
- Enfriamiento a menos veintinueve grados centígrados (-29 °C), máxima, no se formarán grietas ni se despegará del soporte metálico.
- Deflexión a cinco centígrados (5 °C), con mandril de doce (12) milímetros y velocidad de veinticinco (25) milímetros por minuto:
 - Profundidad de flecha a que se inicia la rotura, mínima veinte (20) milímetros.
 - Área desprendida al alcanzarse una flecha de treinta y ocho (38) milímetros, máxima de diecinueve (19) centímetros cuadrados.
- Deflexión a cinco grados centígrados (5 °C) (después de cambiar las probetas, dos (2) horas a la temperatura de aplicación del esmalte), con mandril de doce (12) milímetros y velocidad de veinticinco (25) milímetros por minuto:
 - Profundidad de la flecha a que se inicia la rotura, mínima quince (15) milímetros.
 - Área desprendida al alcanzarse una flecha de treinta y ocho (38) milímetros, máxima treinta y dos (32) centímetros cuadrados.
- Resistencia al impacto a veinticinco grados centígrados (25 °C) con bola de seiscientos cincuenta (650) gramos y altura de caída de dos con cuatro (2,4) metros.

Área desprendida por impacto directo, máxima de sesenta y cinco (65) centímetros cuadrados.

Área desprendida por impacto, máxima de trece (13) centímetros cuadrados.

2.32.5.- La lechada de cal para el acabado del sistema de protección a base de alquitrán del cuadrado 9.4.1. a) estará formada por los ingredientes siguientes:

- Ciento noventa (190) litros de agua.

- Tres con setenta y ocho (3,78) litros de aceite de linaza cocido.
- Sesenta y ocho (68) kilogramos de cal viva.
- Cuatro con cincuenta y tres (4,53) kilogramos de sal.

2.32.6.- Las características de la emulsión de alquitrán utilizado en el segundo sistema de protección exterior de tuberías metálicas enterradas (cuadro 9.4.1.a), deberá ser:

- La emulsión deberá poderse aplicar a temperaturas superiores a cero grados centígrados (0 °C) sin disminuir su consistencia por dilución con agua ni por calentamiento y poseerá propiedades adhesivas sobre superficies húmedas o secas.
- La emulsión será homogénea y no mostrará separación de agua ni evaporación del material bituminoso emulsionado. Asimismo no deberá sedimentarse durante el almacenamiento, aunque podrá admitirse si se puede devolver a su condición primitiva por agitación moderada..
- Durante la aplicación, la consistencia de la emulsión será tal que pueda aplicarse con brocha o muñequilla, en cantidad no inferior a 1 Kg/m², sin que fluya sobre superficies inclinadas e incluso verticales. Se admitirá una dilución añadiendo agua hasta un diez por ciento (10 por 100) del peso de la emulsión, en caso de que sea necesario.
- La consistencia de la emulsión, en su recipiente original, sin previa dilución de agua será tal que se pueda aplicar en forma de película, de espesor uniforme, por un equipo adecuado de pulverización, en cantidad no inferior a 1 Kg/m², sin que fluya sobre superficies inclinadas e incluso verticales. Se admitirá una dilución añadiendo agua, en caso de ser necesario de hasta un diez por ciento (10 por 100) en peso de la emulsión.
- La composición será:

	Mínimo	Máximo
Peso en Kg/litro	1,10	1,15
Residuo de destilación, por 100	45	55
Contenido en agua, por 100	45	50
Cenizas referidas a la materia no volátil, por 100	--	12
Materia orgánica no volátil	Alquitrán modificado	
Características de la materia orgánica no volátil:		
Punto de reblandecimiento anillo y bola °C	45	--
Viscosidad Saybol Furo, a la Tª de 120 ° seg.	90	--
Peso específico g/cm³	1,8	1,14

- Los requisitos de comportamiento serán:

Endurecimiento: se conseguirá como máximo a las veinticuatro (24) horas después de su aplicación.

Ensayo de calentamiento a cien grados centígrados (100 °C) (UEN 7170).

No se apreciará alabeamiento, goteo ni se formarán ampollas.

Flexibilidad a cero grados centígrados (0 °C): No se apreciará agrietamiento, formación de escamas ni pérdida de adhesividad (UNE 7171).

Ensayo a la llama directa: el recubrimiento se carbonizará sin fluir (UNE 7172).

Envejecimiento artificial acelerado: Realizado el ensayo de acuerdo con el MELC 12.94 después de doscientas (200) horas de tratamiento, no se producirán grietas, ampollas ni cambios muy acusados de color en la película de emulsión. Se emplearán probetas de hormigón a las cuales se aplicará una película de la emulsión objeto de ensayo, con un rendimiento mínimo de dos (2) kilogramos por metro cuadrado y que deberán dejarse secar durante cuarenta y ocho (48) horas de la iniciación del tratamiento.

3.- PRUEBAS EN LOS TUBOS.

3.1.- Generalidades.

3.1.1.- Las verificaciones y pruebas de recepción se ejecutarán en fábrica, sobre tubos cuya suficiente madurez sea garantizada por los fabricantes y la aceptación o rechazo de los tubos se regulará por lo que se prescribe en 1.11.

3.1.2.- Estas pruebas se efectuarán previamente a la pintura o enlucidos de protección sobre el tubo. Los mecanismos de llaves y fontanería (ventosas, etc.) serán, por otra parte, sometidos a prueba de buen funcionamiento.

3.1.3.- Llaves de compuerta serán sometidas a prueba de resistencia y estanquidad.

3.1.4.- Serán obligatorias las siguientes verificaciones y pruebas para cualquier clase de tubos:

1º.- Examen visual del aspecto general de todos los tubos (3.3).

2º.- Comprobación de dimensiones, espesores y rectitud de los tubos (3.3).

3º.- Pruebas de estanquidad (3.4).

4º.- Pruebas de rotura por presión hidráulica interior sobre un tubo de cada lote (3.5).

3.1.5.- Serán pruebas obligatorias, según el tipo de material las siguientes:

- En fundición centrifugada:

1º.- Ensayo de flexión sobre anillos de tubos (2.6) o ensayo de tracción sobre testigos del material (2.7).

2º.- Ensayo de resiliencia sobre testigos del material (2.8).

3°. Ensayo de dureza Brinell (2.10).

- En fundición moldeada:

1°. Ensayo de flexión sobre testigos de material (2.6.)

2°. Ensayo de tracción sobre testigos del material (2.7).

3°. Ensayo de impacto sobre testigos del material (2.9).

4°. Ensayo de dureza Brinell (2.10.)

- En tubos de acero:

1°. Ensayo de tracción sobre testigos del material (2.12).

2°. Prueba de soldadura sobre testigos de materiales (2.13) o sobre el tubo (3).

- En fibrocemento:

1°. De aplastamiento o flexión transversal.

2°. De flexión longitudinal (3.7.).

- En tubos de hormigón:

1°. Pruebas de aplastamiento o flexión transversal (3.6).

2°. Prueba de flexión longitudinal (3.7).

- En tubos de plástico:

1°. Prueba de aplastamiento o flexión transversal (3.6).

3.1.6.- Según la importancia de la tubería se aconseja incluir en el pliego de prescripciones particulares de la obra ensayos de la soldadura mediante presión hidráulica interior, radiografía, ultrasonidos, isótopos radiactivos, etc.

3.2.- Lotes y ejecución de las pruebas.

3.2.1.- El proveedor clasificará el material por lotes de 200 unidades antes de los ensayos, salvo que el Director de obra autorice expresamente la formación de lotes de mayor número y salvo lo dispuesto en 2.6, 2.7, 2.8, 2.9 y 2.10, para características mecánicas de los ensayos.

3.2.3.- En primer lugar se realizarán las pruebas mecánicas, y si los resultados son satisfactorios, se comprobarán las circunstancias primera y segunda citadas en 3.1.4. y después se procederá a la realización de las pruebas de tipo hidráulico (3.1.4, puntos 3° y 4°).

3.3.- Examen visual del aspecto general de los tubos y comprobación de dimensiones, espesores y rectitud de los mismos.

3.3.1.- Cada tubo se presentará separadamente, se le hará rodar por dos carriles horizontales y paralelos, con una separación entre ejes igual a los dos tercios ($2/3$) de la longitud nominal de los tubos. Se examinará por el interior y exterior del tubo y se tomarán las medidas de sus dimensiones, el espesor en diferentes puntos y a la flecha para determinar la posible curvatura que pueda presentar. Además se tendrá presente lo prescrito en 1.9.

3.3.2.- Los tubos de fundición se golpearán moderadamente para asegurarse que no tienen coqueas ni sopladuras.

3.4.- Pruebas de estanquidad.

3.4.1.- Los tubos que se van a probar se colocan en una máquina hidráulica, asegurando la estanquidad en sus extremos mediante dispositivos adecuados.

3.4.2.- Se dispondrá de un manómetro debidamente contrastado y de una llave de purga.

3.4.3.- En el caso de tubería de hormigón, el contratista o fabricante tendrá el tubo lleno de agua veinticuatro (24) horas antes de iniciarse la prueba. Al comenzar la prueba se mantendrá abierta la llave de purga, iniciándose la inyección de agua y comprobando que ha sido expulsada la totalidad del aire y que, por consiguiente, el tubo está lleno de agua. Una vez conseguida la expulsión del aire se cierra la llave de purga y se eleva regular y lentamente la presión hasta que el manómetro indique que se ha alcanzado la presión máxima de prueba.

3.4.4.- La presión máxima de prueba de estanquidad será la normalizada para los tubos de fundición, acero y amianto-cemento; el doble de la presión de trabajo para los tubos de hormigón y cuatro veces la presión de trabajo para los tubos de plástico.

3.4.5.- Esta presión se mantiene en los tubos de amianto-cemento, plástico, acero y fundición treinta (30) segundos y en los de hormigón dos horas.

3.4.6.- Durante el tiempo de la prueba no se producirá ninguna pérdida ni exudación visible en las superficies exteriores de los tubos de amianto-cemento, plástico, acero y fundición; en esta última clase de tubos, podrán golpearse éstos durante la prueba moderadamente con un martillo de setecientos (700) gramos de peso.

3.4.7.- En los tubos de hormigón, durante el tiempo de la prueba, no se presentarán fisuras ni pérdidas de agua. En los tubos sin camisa de chapa podrán admitirse pérdidas por exudación.

3.4.8.- También se efectuará la prueba de estanquidad de cada llave, debiendo ser absoluta bajo la presión de prueba, bien ejerciendo la presión normalizada sobre el conjunto de la llave abierta y los dos tubulares cerrados con bridas ciegas, o bien no actuando más que sobre cada lado de la llave con la compuerta cerrada y alternativamente. La pieza será rechazada cuando se observe perlado o resudación o fugas.

3.4.9.- En ensayo del tipo de juntas se hará en forma análoga a la de los tubos, disponiéndose dos trozos de tubo, uno a continuación de otro, unidos por su junta, cerrando los extremos libres con dispositivos apropiados y siguiendo el mismo procedimiento indicado para los tubos. Se comprobará que no existe pérdida alguna.

3.5.- Prueba a presión hidráulica interior.

3.5.1.- El tubo objeto del ensayo será sometido a presión hidráulica interior, utilizando en los extremos y para su cierre dispositivos herméticos, evitando cualquier esfuerzo axial, así como flexión longitudinal. En tuberías de amianto-cemento, plástico y fundición esta prueba de rotura podrá llevarse a cabo en tubos completos o trozos de tubo de cincuenta (50) centímetros de longitud como mínimo cortados de sus extremos, de forma que las bases sean totalmente paralelas. Cuando se trate del amianto-cemento, el tubo o trozo del mismo se mantendrá durante cuarenta y ocho (48) horas sumergido en agua. A petición del fabricante, cuando se trate de tubos de hormigón pretensado, la prueba de presión hidráulica interior a fisuración se llevara a efecto sin el revestimiento exterior.

3.5.2.- Se someterá a una presión creciente de forma gradual con incremento no superior a dos (2) kilogramos por centímetro cuadrado y segundo hasta llegar a la rotura o a la fisuración según los casos.

En los tubos de PVC la prueba se efectuará de la siguiente forma:

a) Ensayo no destructivo.

El tubo soportará una tensión normal por presión hidráulica interior (σ) de 420 Kg/cm² durante una hora, por lo menos.

El ensayo se realizará a 20 °C.

b) Ensayo destructivo.

Se registrarán las tensiones normales (σ_t) que produzcan roturas dentro de los siguientes intervalos de tiempo en horas: (0,6-1), (6-10), (60-100), (600-1.000). Los resultados se representarán en un diagrama logarítmico (las dos escalas), los tiempos en abscisas y las tensiones en ordenadas. Los puntos representativos de los resultados obtenidos, deberán definir aproximadamente una recta. En caso de duda el ajuste de esta recta deberá realizarse por mínimos cuadrados. El ángulo agudo, formado por esta recta y el eje de tiempos, será inferior al ángulo formado por el eje de tiempos y la recta definida por los puntos ($\sigma = 170$ Kg/cm², $t = 1$ hora) ($\sigma = 100$ Kg/cm², $t = 1.000$ horas).

El ensayo se realizará a 60 °C.

En los tubos de polietileno de baja densidad la prueba se efectuará con los valores dados en el cuadro siguiente:

Requisito de resistencia	Temperatura del ensayo	Duración mínima	Tensión normal del ensayo σ
--------------------------	------------------------	-----------------	------------------------------------

	°C	ensayo Horas	Kgf/cm ²
A	20°	1	80
B	70°	100	30

y los métodos operatorios indicados en la norma UNE 53142.

En los tubos de polietileno de alta densidad la prueba se efectuará con los valores dados en el cuadro siguiente:

Requisito de resistencia	Temperatura del ensayo °C	Duración mínima del ensayo Horas	Tensión normal del ensayo <i>sigma</i> Kgf/cm ²
A	20	1	150
B	80	44	42
B	80	170	30

y los métodos operatorios en la norma UNE 53162.

3.5.3.- La tensión de rotura *sigma*_r, en caso de tubos de material homogéneo, vendrá dada en kilogramos por centímetro cuadrado por la fórmula:

Fórmula 3

en la cual:

P_r = presión hidráulica interior a la rotura en Kg/cm².

D = diámetro interior del tubo en centímetros.

e = espesor del tubo en centímetros.

Tanto D como e serán los que resulten de la medida directa del tubo ensayado.

3.6.- Pruebas de flexión transversal.

3.6.1.- Estas pruebas se ejecutarán sobre tubos de amianto-cemento, de plástico y de hormigón.

3.6.2.- La prueba para el amianto-cemento y el plástico se efectuará sobre un trozo de tubo de veinte (20) centímetros de longitud. El tubo de amianto-cemento habrá estado sumergido en agua durante cuarenta y ocho (48) horas. Se colocará el tubo probeta entre los platillos de la prensa, interponiendo entre éstos y las generatrices de apoyo del tubo una chapa de fieltro o plancha de fibra de madera blanda de uno (1) a dos (2) centímetros de espesor. La carga en la prensa se aumentará progresivamente de modo

que la tensión calculada para el tubo vaya creciendo a razón de cuarenta a sesenta (40 a 60) kilogramos por centímetro cuadrado y segundo, hasta llegar a la rotura de la probeta.

3.6.3.- Para los tubos de hormigón, el ensayo se realizará sobre un tubo completo (Fig. 3.6.3.a).

El tubo elegido para la probeta se colocará apoyado sobre dos reglas de madera separadas un doceavo ($1/12$) del diámetro exterior y como mínimo veinticinco (25) milímetros. Las irregularidades de forma pueden ser compensadas por una banda de cartón, fieltro o caucho de uno a dos (1 a 2) centímetros de espesor. La carga de ensayo se aplicará uniformemente a lo largo de la generatriz opuesta al apoyo por medio de una regla de madera con un ancho de diez (10) centímetros, con el mismo sistema de compensación de irregularidades. En los tubos sin enchufe con terminales planos, el centro de gravedad de la carga estará a igual distancia de las dos extremidades y la longitud de la carga coincidirá con la longitud útil del tubo (Fig. 3.6.3.b.).

Figura 3.6.3.a

Figura 3.6.3.b

En los tubos con enchufe, el apoyo de la carga no se ejercerá más que sobre la parte cilíndrica de diámetro uniforme del tubo, pero el centro de gravedad de la carga deberá estar a igual distancia de las dos extremidades (Fig. 3.6.3.c)

Figura 3.6.3.c.

La resistencia del tubo, expresada en kilogramos por metro lineal, se referirá a la longitud útil del tubo:

Fórmula 4

La carga deberá crecer progresivamente desde cero (0) a razón de mil (1.000) kilogramos por segundo.

Se llama carga de fisuración aquella que haga aparecer la primera fisura de por lo menos dos décimas (0,2) de milímetro de abertura y treinta (39) centímetros de longitud.

Para mediar la abertura de las fisuras podrá utilizarse una galga de dimensiones análogas a las que se indican en la figura 3.6.3.d. Se considerará que se ha alcanzado la carga de fisuración cuando la galga pueda entrar en la fisura por lo menos en treinta (30) centímetros de longitud.

3.6.4.- Se llamará carga de rotura la carga máxima que se señale el apartado de medida.

Figura 3.6.3.d

3.6.5.- La tensión de rotura al aplastamiento por flexión transversal σ_r para el amianto-cemento, el plástico o el hormigón en masa se puede expresar en kilogramos

por centímetro cuadrado por la fórmula:

Fórmula 5

P = carga de rotura, en kilogramos.

D = diámetro interior del tubo, expresado en centímetros.

e = espesor del tubo, expresado en centímetros.

b = longitud de la generatriz o longitud útil del tubo (L_u), en su caso, según la sección de rotura considerada, expresada en centímetros.

Tanto D como e y b serán los que resulten de la medida directa del tubo ensayado.

3.7.- Prueba de flexión longitudinal.

3.7.1.- Esta prueba se hará en los tubos de amianto-cemento y de hormigón. Para el hormigón se emplearán tubos enteros y para el amianto-cemento podrán emplearse o tubos completos o trozos de longitud suficiente.

3.7.2.- La probeta elegida para la prueba se colocará sobre dos apoyos. Se cargará en el centro de la distancia entre apoyos, con una carga transmitida mediante un cojinete que debe tener la misma forma que los apoyos. Entre los apoyos, el cojinete y el tubo se interpondrán tiras de fieltro o planchas de fibra de madera blanda de uno a dos (1 a 2) centímetros de espesor. La carga aplicada se aumentará progresivamente, de modo que la tensión calculada para el tubo vaya creciendo a razón de ocho a doce (8 a 12) kilogramos por centímetro cuadrado y segundo hasta el valor P que provoque la rotura.

3.7.3.- La tensión de rotura del material por flexión longitudinal σ_f en el caso del amianto-cemento o de hormigón en masa se expresará en kilogramos por centímetro cuadrado por la fórmula:

Fórmula 6

Siendo:

P = Carga de rotura en kilogramos.

L = Distancia entre los ejes de los apoyos, en centímetros.

D = Diámetro interior del tubo en la sección de rotura, en centímetros.

e = Espesor del tubo en la sección de rotura, en centímetros.

Tanto D como L y e serán los que resulten de la medida directa del tubo ensayado.

3.7.4.- Para los tubos cuyo diámetro no exceda de trescientos (300) milímetros, la longitud del tubo deberá ser por lo menos dos con dos (2,2) metros y los apoyos serán metálicos, en forma de V, cuyo ángulo de abertura será de ciento veinte grados

sexagesimales (120°). Presentarán estos apoyos un ancho de cinco (5) centímetros y deberán poder oscilar libremente en el plano de flexión alrededor de sus ejes horizontales (figura 3.7.4).

Figura 3.7.4

3.7.5.- Cuando los tubos sean de diámetro superior a trescientos (300) milímetros, los apoyos de descanso del tubo y de aplicación de la carga central estarán constituidos por unas camas de madera con la interposición de una banda de caucho, de cartón o fieltro de dos (2) centímetros de espesor. Las camas de asiento y la de aplicación de la carga tendrán un ancho de quince (15) centímetros y abrazarán un ángulo central de noventa grados sexagesimales (90°). Las camas de apoyo estarán a quince (15) centímetros de distancia de los extremos de la probeta, y a dos (2) metros, como mínimo, de separación entre si (Fig. 3.7.5).

Figura 3.7.5.

3.7.6.- Las cargas de fisuración y de rotura se definen como en la prueba anterior (3.6.3 y 3.6.4).

4.- TUBOS DE FUNDICIÓN

4.1.- Generalidades.

4.1.1.- La fundición cumplirá todas las condiciones establecidas en 2.3 y 2.4.

4.2.- Fabricación.

4.2.1.- Los tubos, uniones, válvulas y, en general, cualquier pieza de fundición para tubería se fabricarán teniendo en cuenta las siguientes prescripciones:

4.2.2.- Serán desmoldeados con todas las precauciones necesarias para evitar su deformación, así como los efectos de retracción perjudiciales para su buena calidad.

4.2.3.- Los tubos rectos podrán fundirse verticalmente en moldes de arena o por centrifugación en coquilla metálica o moldes de arena.

4.2.4.- Las piezas especiales y otros elementos se podrán fundir horizontalmente si lo permite su forma.

4.2.5.- Los tubos, uniones y piezas deberán ser sanos y exentos de defectos de superficie y de cualquier otro que pueda tener influencia en su resistencia y comportamiento.

4.2.6.- Las superficies interiores y exteriores estarán limpias, bien terminadas y perfectamente lisas.

4.3.- Recepción en fábrica.

4.3.1.- Cualquier tubo o pieza cuyos defectos se hayan ocultado por soldadura,

mástique, plomo o cualquier otro procedimiento, serán rechazados. El mismo criterio se seguirá respecto a la obturación de fugas por calafateo o cualquier otro sistema.

4.3.2.- Los tubos, uniones y piezas que presenten pequeñas imperfecciones inevitables a consecuencia del proceso de fabricación y que no perjudiquen al servicio para el que están destinados, no serán rechazados.

4.3.3.- Se rechazarán todos los tubos y piezas cuyas dimensiones sobrepasen las tolerancias admitidas.

4.3.4.- Todos los tubos de los que se hayan separado anillos o probetas para los ensayos serán aceptados como si tuvieran la longitud total.

4.3.5.- Los tubos y piezas pesados y aceptados serán separados por el Director de obra o representante autorizado del mismo y contratista y claramente marcados con un punzón.

4.3.6.- De cada inspección se extenderá un acta que deberán firmar el Director de obra, el fabricante y el contratista. Las piezas que se pesen separadamente figurarán en relación con su peso y un número. Cuando se trate de pesos conjuntos se hará constar en acta, figurando con un número y el peso total del lote.

4.3.7.- La garantía será válida para un período de un año desde la fecha de entrega. El contratista deberá puntualizar en su contrato de suministro con el fabricante que si antes de terminar el periodo de garantía se encuentran defectos debidos a la fabricación se extenderá un acta en presencia del fabricante, y éste deberá, o bien efectuar el trabajo necesario para corregir los defectos, o reemplazar a su cargo el material defectuoso que le sea devuelto. La falta de este requisito no eximirá al contratista de la obligación de sustituir los elementos defectuosos.

4.4.- Colocación de las marcas.

4.4.1.- Las marcas prescritas en 1.10 se harán en relieve con dimensiones apropiadas y se colocarán como sigue:

4.4.2.- Sobre el canto del enchufe en los tubos centrífugados en coquilla metálica.

4.4.3.- Sobre el exterior del enchufe o sobre el fuste a veinte (20) centímetros del final del tubo en los centrífugados en moldes de arena.

4.4.4.- Sobre el exterior del enchufe a veinte (20) centímetros de la extremidad del tubo en los fundidos verticalmente en moldes de arena.

4.4.5.- Sobre el cuerpo de las piezas.

4.4.6.- Cualquier otra marca exigida por el comprador se señalará en sitio visible con pintura sobre las piezas.

4.5.- Protección.

4.5.1.- Todos los tubos, uniones y piezas se protegerán con revestimientos tanto en el

interior como en el exterior, salvo especificación en contrario.

4.5.2.- Antes de iniciar su protección, los tubos y piezas se deberán limpiar cuidadosamente quitando toda traza de óxido, arenas, escorias, etc...

4.5.3.- El revestimiento deberá secar rápidamente sin escamarse ni exfolizarse, estará bien adherido y no se agrietará. No deberá contener ningún elemento soluble en el agua ni productos que puedan proporcionar sabor ni olor al agua que conduzcan, habida cuenta incluso de su posible tratamiento.

4.6.- Clasificación.

4.6.1.- Se ajustarán a las clasificaciones y dimensiones de la fabricación nacional, procurando, sin embargo, unificar todo lo posible para conseguir el fácil intercambio de estos elementos.

4.6.2.- La clasificación, teniendo en cuenta las presiones normalizadas (1.4.1) es la siguiente:

a) Tubos centrifugados (de grado laminar).

Diámetro nominal	Presiones normalizadas en Kg/cm ²		
	Clase 1 A	Clase A	Clase B
Hasta el 600 inclusive	20	25	30
Del 600 en adelante	15	20	25

b) Tubos fundidos verticalmente.

Diámetro nominal	Presiones normalizadas en Kg/cm ²	
	Clase A	Clase B
Hasta el 600 inclusive	20	25
Del 600 en adelante	15	20

c) Otros tubos y uniones.

Tipos de piezas	Diámetros nominales	Presión ensayo Kg/cm ²	de en
Tubos con bridas	Hasta el 600 inclusive	25	
Uniones	Por encima del 600 hasta el 1.000 inclusive	20	
Tubos con bridas, uniones sin tabulares o con tubulares de D igual o inferior a la mitad del D principal	Por encima del 600 hasta el 1.000 inclusive	15	

Uniones con tubular de D superior a la Por encima del 600 10
mitad del diámetro principal hasta el 1.000
inclusive

4.7.- Diámetros.

4.7.1.- La serie de diámetros nominales será la siguiente: 50, 60, 70, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900 y 1.000.

4.8.- Espesores.

4.8.1.- Los espesores mínimos deberán venir determinados por la clase de material y procedimiento de fabricación y deben ser tales que el coeficiente de seguridad obtenido entre la presión máxima de trabajo y la presión de rotura, alcance el establecido en 15.

4.8.2.- Las modificaciones del espesor de la pared se efectuarán en general a costa del diámetro interior. Si al reforzar el tubo es necesario también un refuerzo del enchufe, este será a costa de la forma exterior del enchufe.

4.9.- Longitudes.

4.9.1.- Se entenderá como longitud de los tubos la nominal entre extremos en los tubos lisos, o la útil en los tubos de enchufe.

4.9.2.- La longitud no será menor de tres (3) metros ni mayor de seis (6) metros, salvo casos especiales.

4.10.- Tolerancias de longitud.

4.10.1.- Las tolerancias admitidas en las longitudes normales de fabricación de tubos y uniones serán las siguientes:

Tipos de piezas	Diámetros nominales	Tolerancias en milímetros
Tubos con enchufe y tubería cilíndrica	Todos los diámetros	± 20
Enchufes	Hasta el 450 inclusive	± 20
Piezas de brida enchufe. Piezas de brida y macho	Por encima del 450	20 -30
Tubos y uniones con bridas	Todos los diámetros	± 10

4.10.2.- En el caso que se pidan tolerancias menores, por ejemplo, para piezas unidas con bridas, se fijarán específicamente, pero no podrán ser inferiores a más o menos un (± 1) milímetro.

4.10.3.- El fabricante podrá servir hasta un diez por ciento (10 por 100) del número total de tubos de enchufe y cordón de cada diámetro con longitudes inferiores a las especificadas. La disminución de longitud admitida viene dada en el siguiente cuadro:

Longitudes especificadas	Reducciones de longitudes
Tres metros	0,5 m., 1 m.
Por encima de 3 metros	0,5 m., 1 m., 1,5 m., 2 m.

4.11.- Tolerancias de espesores.

4.11.1.- Las tolerancias de espesor de pared y de espesor de brida se limitarán como sigue, siendo:

e = espesor en milímetros de la pared, según catálogo.

b = espesor en milímetros de la brida, según catálogo.

Tipos de piezas	Dimensiones	Tolerancias en milímetros
Tubos	Espesor de la pared	- (1 + 0,05 e). No se fija en más
	Espesor de la brida	$\pm (2 + 0,05 b)$
Uniones y piezas de la conducción	Espesor de la pared	- (2 + 0,05 e). No se fija en más
	Espesor de la brida	$\pm (3 + 0,05 b)$

4.11.2.- El espesor de las uniones podrá excepcionalmente descender hasta el espesor mínimo de los tubos de clase B del mismo diámetro con la condición de que la zona interesada no tengan una superficie superior a un décimo (1/10) de la sección transversal de empalme.

4.12.- Tolerancia de enchufe.

4.12.1.- Las tolerancias de enchufe serán las siguientes:

Dimensiones	Diámetros nominales	Tolerancias en milímetros
Diámetro exterior	Todos los diámetros	$\pm f/2$
Diámetro interior del enchufe	Todos los diámetros	$\pm f/3$
Profundidad del enchufe	Hasta el 600, inclusive. Por encima del 600 y hasta el 1.000, inclusive	± 5

		± 10
--	--	----------

siendo $f = 9 + 0,003 \text{ DN}$ el espesor de la junta en milímetros.

4.12.2.- El juego máximo o mínimo resultante de estas tolerancias es tal que el acoplamiento de tubos y uniones pueda efectuarse sin dificultad.

4.13.- Tolerancias de curvatura.

4.13.1.- Los tubos deberán ser rectos. Se les desplazará sobre dos caminos de rodadura distantes los ejes de los mismos dos tercios ($2/3$) de la longitud de los tubos. La flecha máxima f_m , expresada en milímetros, no deberá exceder de uno con veinticinco ($1,25$) veces la longitud L de los tubos, expresada en metros: f_m igual o menor que uno veinticinco L ($f_m \leq 1,25 L$).

4.14.- Tolerancias de pesos.

4.14.1.- Los pesos normales serán los indicados en los cuadros siguientes, y para las uniones y piezas de conducciones reforzadas o especiales, los calculados tomando como peso específico de la fundición setecientas quince centésimas de kilogramo/decímetro cúbico ($7,15 \text{ Kg/dm}^3$).

4.14.2.- Las tolerancias admitidas con relación al peso normal serán las siguientes:

Tipo de piezas	Tolerancias
	Porcentaje
Tubos	± 5
Uniones y piezas con exclusión de los que se consignan a continuación	± 8
Codos, uniones múltiples, uniones y piezas especiales	± 12

4.14.3.- Las piezas con peso superior al máximo se aceptarán a condición de que satisfagan las demás condiciones de este pliego. El exceso de peso no será de abono.

4.14.4.- Todas las piezas serán pesadas. Los tubos de más de doscientos (200) milímetros y las piezas de más de trescientos (300) milímetros serán pesadas individualmente; los tubos y piezas de menor diámetro que el indicativo serán pesados en conjunto de dos mil (2.000) kilogramos como máximo. En este último caso las tolerancias en peso serán aplicadas al conjunto de la pesada.

(Ver cuadros 4.14.4.a, b y c)

CUADRO NÚMERO 4.14.4.a

Tubos con enchufe clase 1A (de grafito laminar)

Diámetro nominal (DN)	Tubo			Enchufe Peso aproximado kilogramos	Peso total aproximado en kilogramos para longitud L en metros de						
	D _e milímetros	e milímetros	Peso aproximado Kg/m		4	4,88	5	5,5	6	6,5	7
80	98	7,2	14,7	5,5	64	--	79	--	93,5	--	--
100	118	7,5	18,6	7,1	81,5	--	100	109	119	--	--
125	144	7,9	24,2	9,2	106	--	130	142	154	--	--
150	170	8,3	30,1	11,5	132	--	162	177	192	--	--
200	222	9,2	44,0	16,8	193	231	237	259	281	--	--
250	274	10,0	59,3	22,9	260	312	319	349	379	408	--
300	326	10,8	76,5	29,8	336	403	412	450	489	527	--
350	378	11,7	96,3	37,5	423	507	519	567	615	--	--
400	429	12,5	116,9	46,3	514	617	631	690	748	--	--
500	532	14,2	165,2	66,0	727	872	892	974	1.057	--	--
600	635	15,8	219,8	89,3	968	1.162	1.188	1.298	1.408	--	-
700	738	17,5	283,2	116,8	1.250	--	1.553	1.675	1.816	--	--
800	842	19,2	354,9	147,8	1.567	--	1.922	2.100	2.277	--	2.632
900	945	20,8	431,8	182,6	1.910	--	2.342	2.558	2.773	--	3.205
1.000	1.048	22,5	518,3	222,3	2.295	--	2.814	3.073	3.332	--	3.850

Figura 4.14.4a

CUADRO NÚMERO 4.14.4b

Tubos con enchufe clase A (de grafito laminar)

Diámetro nominal (DN)	Tubo			Enchufe Peso aproximado kilogramos	Peso total aproximado en kilogramos para longitud L en metros de						
	D _e milímetros	e milímetros	Peso aproximado		4	4,88	5	5,5	6	6,5	7

			Kg/m.								
80	98	7,2	14,7	5,5	69,5	--	85,5	--	101	--	--
100	118	7,5	18,6	7,1	8,9	--	109	120	130	--	--
125	144	7,9	24,2	9,2	115	--	141	155	168	--	--
150	170	8,3	30,1	11,5	144	--	178	194	211	--	--
200	222	9,2	44,0	16,8	209	251	257	281	305	--	--
250	274	10,0	59,3	22,9	283	340	348	380	413	44	--
300	326	10,8	76,5	29,8	366	440	450	492	534	57	--
350	378	11,7	96,3	37,5	458	550	563	615	668	--	--
400	429	12,5	116,9	46,3	561	674	690	754	819	--	--
500	532	14,2	165,2	66,0	790	949	971	1.061	1.152	--	--
600	635	15,8	219,8	89,3	1.056	1.267	1.267	1.417	1.538	--	--
700	738	17,5	283,2	116,8	1.363	--	1.675	1.830	1.986	--	--
800	842	19,2	354,9	147,8	1.704	--	2.093	2.288	2.482	--	2.871
900	945	20,8	431,8	182,6	2.080	--	2.554	2.791	3.029	--	3.503
1.000	1.048	22,5	518,3	222,3	2.502	--	3.072	3.357	3.642	--	4.212

Figura 4.14.4b

CUADRO NÚMERO 4.14.4c

Tubos con enchufe clase B (de grafito laminar)

Diámetro nominal (DN)	Tubo			Enchufe	Peso total aproximado en kilogramos para longitud L en metros de						
	D_e	e	Peso aproximado		4	4,88	5	5,5	6	6,5	7
	milímetros	milímetros	Kg/m.	aproximados							
80	98	8,6	17,3	5,5	74,5	--	92	--	109	--	--
100	118	9,0	22,0	7,1	95	--	117	128	139	--	--
125	144	9,5	28,7	9,2	124	--	153	167	181	--	--
150	170	10,0	35,9	11,5	155	--	191	209	227	--	--

200	222	11,0	52,1	16,8	225	271	278	304	330	--	--
250	274	12,0	70,6	22,9	305	368	376	411	447	--	--
300	326	13,0	91,4	29,8	395	476	487	533	578	48 2	--
350	378	14,0	114,5	37,5	495	596	610	667	724	62 4	--
400	429	15,0	139,5	46,3	604	727	744	814	883	--	--
500	532	17,0	196,7	66,0	853	1.02 6	1.04 9	1.14 8	1.24 6	--	--
600	635	19,0	262,9	89,3	1.14 1	1.37 2	1.40 4	1.53 5	1.66 7	--	--
700	738	21,0	338,2	116,8	1.47 0	--	1.80 8	1.97 7	2.14 6	--	--
800	842	23,0	423,1	147,8	1.84 0	--	2.26 3	2.47 5	2.68 7	--	3.11 0
900	945	25,0	516,6	182,6	2.24 9	--	2.76 6	3.02 4	3.28 2	--	3.79 9
1.000	1.048	27,0	619,2	222,3	2.69 9	--	3.31 8	3.62 8	3.93 8	--	4.55 7

5.- TUBOS DE ACERO.

5.1.- Generalidades.

5.1.1.- El acero cumplirá todas las condiciones establecidas en 2.11.

5.2.- Proyecto.

5.2.1.- En caso de emplearse tubos de características distintas a las establecidas en 5.5.1, el contratista someterá a la aprobación de la Administración los planos y los cálculos mecánicos de los elementos de la tubería que no hayan sido detallados por aquélla, teniendo en cuenta, además de lo prescrito en 1.7, el tipo de apoyo, la naturaleza del terreno, etc.

5.2.2.- Salvo justificación especial en contrario, se tomará como tensión de trabajo del acero un valor no mayor de la mitad del límite elástico aparente o convencional, siempre que se consideren los efectos de la combinación más desfavorable de solicitaciones a que está sometida la tubería.

5.2.3.- El proyectista justificará el sobreespesor adoptado para tener en cuenta los efectos a la corrosión.

5.3.- Fabricación.

5.3.1.- Hasta un diámetro interior de doscientos (200) milímetros se considerarán en este pliego los tubos de acero fabricados por laminación o extrusión los soldados, y por

encima de este diámetro solamente los soldados en chapa de acero dulce. La soldadura puede ser solapo o a tope.

5.3.2.- Los tubos, uniones y piezas deberán estar perfectamente terminados, limpios, sin grietas, pajas, etc., ni cualquier otro defecto de superficie. Los tubos serán rectos y cilíndricos dentro de las tolerancias admitidas(5.5). Sus bordes extremos están perfectamente limpios y a escuadra con el eje del tubo y la superficie interior perfectamente lisa. Los tubos o piezas cuyos defectos sean corregibles sólo podrán repararse con la previa aprobación de la Administración.

5.4.- Protección.

5.4.1.- Todos los tubos y piezas de acero serán protegidos interior y exteriormente, contra la corrosión por alguno de los procedimientos indicados en el capítulo 9.

5.5.- Clasificación.

5.5.1.- La clasificación, teniendo en cuenta las presiones normalizadas (1.4.1.), será la siguiente:

a) Tubos de acero sin soldadura (cuadro 5.5.1.a).

CUADRO NÚMERO 5.5.1.a

Diámetro nominal (DN)	Espesor Milímetros	Peso aproximado por metro de longitud Kilogramo	Presión normalizada Kg/cm²
25	4	3,520	100
40	4	5,890	70
60	4,5	9,650	70
80	4,5	10,850	70
100	4,5	11,770	70
125	4,5	14,590	70
150	4,5	17,470	67,5
175	5,5	24,260	65,5
200	5,5	27,790	65

b) Tubos de acero soldados (cuadro 5.5.1.b).

5.6.- Tolerancias relativas a los tubos.

5.6.1.- Las tolerancias admitidas en los tubos son las siguientes: Ver cuadro número 5.6.1.

CUADRO NÚMERO 5.5.1.b

Tubos de acero soldado

Diámetro nominal (DN)	Clase A			Clase B			Clase C		
	Espesor Milímetros	Peso aproximado por m.l.útil Kilogramos	Presión normalizada Kg/cm ²	Espesor Milímetros	Peso aproximado por m.l.útil Kilogramos	Presión normalizada Kg/cm ²	Espesor Milímetros	Peso aproximado por m.l.útil Kilogramos	Presión normalizada Kg/cm ²
25	2,50	2,160	60	2,75	2,400	67,5	3,0	2,640	75
40	2,50	3,640	40	2,75	4,030	45	3,0	4,420	50
60	2,50	5,320	40	2,75	5,870	45	3,0	6,430	50
80	3,00	7,190	40	3,25	7,820	45	3,5	8,440	50
100	3,25	8,440	40	3,75	9,780	45	4,0	10,460	50
125	3,25	10,480	40	3,75	12,130	45	4,0	12,970	50
150	3,75	14,490	40	4,00	15,480	45	4,5	17,470	50
175	4,00	17,540	40	4,50	19,790	45	5,0	22,050	50
200	4,50	22,600	40	5,00	25,150	45	5,5	27,650	50
225	5,50	31,170	40	6,00	34,010	45	6,5	36,850	50
250	6,00	37,900	40	6,50	41,000	45	7,0	44,200	50
275	6,00	41,960	40	6,50	45,450	45	7,25	49,850	50
300	6,00	45,280	30	7,00	52,830	35	7,75	58,500	40
350	6,00	52,920	30	7,00	61,740	35	8,0	70,560	40
400	6,00	60,480	30	7,00	70,560	35	8,0	80,640	40
450	6,00	68,040	30	7,00	79,380	35	8,0	90,720	40
500	6,00	75,600	25	7,00	88,200	30	8,0	100,800	35
600	6,00	79,690	25	7,00	88,200	30	8,0	100,800	35
800	6,00	85,690	25	7,00	88,200	30	8,0	100,800	35
1000	6,00	90,690	25	7,00	88,200	30	8,0	100,800	35

NOTA: Los tubos de más de 1000 mm. de diámetro se calcularán y se fabricarán y se fabricarán según pedido, justificando el Proyectista los espesores, cargas de trabajo y coeficiente adoptados, que no serán nunca menos conservadores que los de este cuadro.

CUADRO NÚMERO 5.6.1.

Tolerancias relativas a los tubos sin revestir

Concepto o parte a que se refiere	Diámetro nominal	Tolerancia		
		Soldados solapados	Laminados	Electrosoldados
Peso	Hasta 350,	± 5 %	± 10 %	-2,5 %

	sin incluir el 350. Clase A.			+10 %
	Todos los demás	-2,5 % +10 %		
Espesor	Hasta 350, sin incluir el 350 mm. Clase A.	0,1	15 %	-5 % + 10 % aparte del refuerzo exterior del tubo
	Todos los demás	-5 % en el tubo aparte soldadura. -1,20 mm. en las soldadura para espesores <10 milímetros. -1,60 mm. para la soldadura en los otros. +10% en el tubo, incluso soldadura		
Diámetro exterior	Hasta 200 inclusive	± 1% con un máximo de 0,8 mm.		

5.7.- Piezas especiales.

5.7.1.- Las piezas especiales se construirán en taller por soldadura, pudiendo también hacerse de fundición.

6.- TUBOS DE AMIANTO-CEMENTO

6.1.- Definición del amianto-cemento.

6.1.1.- El amianto-cemento es un material artificial obtenido por la mezcla íntima y homogénea de agua, cemento y fibras de amianto, sin adición alguna que pueda perjudicar su calidad.

6.2.- Aspecto de los tubos.

6.2.1.- Los tubos deberán presentar interiormente una superficie regular y lisa, sin protuberancias ni desconchados. También cumplirá estas condiciones la superficie exterior del tubo en la zona de unión.

6.3.- Clasificación.

6.3.1.- Los tubos se clasificarán en función de la presión normalizada (1.4.1) definida en kilogramos por centímetro cuadrado, en la forma siguiente: Clase 5, 10, 15, 20, 25 y 30 kilogramos por centímetro cuadrado, equivalente a 50, 100, 150, 200, 250 y 300 metros de altura de agua.

5.4.- Diámetros nominales.

6.4.1.- La serie comercial de diámetros nominales interiores, con las tolerancias que después se fijarán, será la siguiente: 50, 60, 70, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900 y 1.000 milímetros.

6.5.- Espesores.

6.5.1.- Los espesores serán tales que la relación entre la presión de rotura por presión interna y la presión normalizada, marcada en el tubo, sea por lo menos igual a dos (2), según se establece en 1.5.1. y no deberán ser inferiores a ocho (8) milímetros.

6.6.- Longitudes.

6.6.1.- Se entenderán como longitud de los tubos la nominal entre extremos en los tubos lisos o la útil en los tubos de enchufe.

6.6.2.- Normalmente la longitud no deberá ser inferior a tres (3) metros para diámetros iguales o menores de cien (100) milímetros y a cuatro (4) metros para diámetros superiores. Los incrementos de longitud serán preferentemente múltiplos de medio metro.

6.6.3.- Se admitirá la colocación de tubos más cortos que la longitud nominal siempre que en cualquier tramo de conducción de mil (1.000) metros de longitud por lo menos el noventa por ciento (90 %) de la misma esté constituida por tubos de la longitud nominal. La longitud de los tubos más cortos podrá diferir en medio o un metro en los tubos de longitud nominal de tres (3) metros y estas cantidades o uno y medio a dos (1,50 a 2) metros en los tubos de cuatro (4) metros de longitud.

En trazados de montaña se admitirá la colocación de tubos más cortos que la longitud nominal siempre que así figure expresamente en el proyecto y se hayan tomado precauciones mediante la colocación de anclajes.

6.6.4.- No obstante lo anterior, para acoplamiento, empalmes, etc., podrán emplearse tubos cortos de longitud menor de dos (2) metros en tubos de doscientos (200) o más milímetros de diámetro, menor de un (1) metro para tubos de diámetro inferior. Estos tubos cortos deberán tener en toda su longitud la superficie exterior perfectamente terminada, cumpliendo las tolerancias correspondientes a los extremos del tubo.

6.6.5.- Sólo se permitirán tubos cortados cuando los sean en sección normal a su eje.

6.7.- Tolerancias de dimensiones en el diámetro exterior de los tubos en sus extremos.

6.7.1.- Las tolerancias admitidas serán las siguientes:

Diámetros nominales	Tolerancias en milímetros
Hasta 300	± 0,6
De 350 a 500	± 0,8
De 600 a 700	± 1,0
Más de 700	± 1,2

6.8.- Tolerancias del espesor de las paredes del tubo.

6.8.1.- Las tolerancias admitidas serán las siguientes:

Espesores nominales	Tolerancias en milímetros
Hasta 10 (inclusive)	± 1,5
Desde 10 hasta 20 (éste incluido)	± 2,0
Desde 20 hasta 30 (éste incluido)	± 2,5
Más de 30	± 3,0

6.8.2.- Las tolerancias anteriores sólo se admitirán cuando de su aplicación resulte que la diferencia entre dos diámetros interiores cualesquiera no sea mayor del diez por ciento (10 %) del diámetro interior nominal. Y para espesores de diez (10) milímetros o menores no baje el espesor medido de los ocho (8) milímetros señalados como mínimo absoluto admisible.

6.9.- Tolerancia en la longitud.

6.9.1.- La longitud nominal de cada tubo podrá estar afectada de un error de cinco (5) milímetros en más o veinte (20) milímetros en menos.

6.10.- Tolerancia de ovalización interior.

6.10.1.- Las tolerancias de ovalización serán tales que una esfera indeformable por la acción del agua cuyo diámetro sea igual a (0,99 DN - 2,5) milímetros (siendo DN el diámetro nominal del tubo) pase libremente por el interior del tubo.

6.11.- Tolerancia sobre la rectitud.

6.11.1.- La máxima curvatura admisible en los tubos retos será tal que medido el doble de la flecha máxima, que se determina haciendo girar el tubo sobre dos caminos de rodaduras paralelas, colocados a una distancia entre sus ejes igual a los dos tercios (2/3) de su longitud, no sobrepase los valores siguientes:

Diámetros nominales	Desviación máxima en milímetros (doble de la flecha)
50-70	5,5 L
80-200	4,5 L
250-500	3,5 L
600-1.000	2,5 L

L = longitud del tubo expresada en metros.
--

Figura 6.11.1

7.- TUBOS DE HORMIGÓN.

7.1.- Generalidades.

7.1.1.- El hormigón y sus componentes para la fabricación de tubos cumplirán las prescripciones indicadas en los apartados comprendidos entre 2.15 y 2.21. pudiendo clasificarse los tubos según se indica en 2.15.1.

7.2.- Proyecto.

7.2.1.- Además de lo prescrito en 1.7. y en la Instrucción para el proyecto y ejecución de obras de hormigón en masa o armado, se tendrá en cuenta lo que se establece en los párrafos siguientes.

7.2.2.- De aquellos elementos de la tubería que no hayan sido proyectadas por la Administración, el contratista someterá obligatoriamente a la aprobación de la misma los planos de secciones longitudinal y transversal del tubo, planos y descripción del tipo de junta empleada, acompañado todo ello de los cálculos hidráulicos y mecánicos justificativos de la solución propuesta.

7.2.3.- Además de las presiones interiores será preceptivo el estudio del tipo de apoyo previsto, la naturaleza del terreno, el material de sustentación, el relleno sobre la tubería y la sobrecargas móviles, determinándose las cargas de fisuración por flexión transversal y longitudinal, que se comprobarán con las pruebas indicadas en 3.6 y 3.7.

En función del tipo de apoyo previsto se elegirá el factor de carga que corresponda (1.6 y 10.2.9).

7.2.4.- En los cálculos se determinarán las tensiones en el hormigón y en las armaduras, tanto las correspondientes a las pruebas a las que se tenga que someter a la tubería como las que correspondan al uso normal, transporte y colocación, y en las tuberías de hormigón pretensado, además las solicitaciones máximas antes de la precompresión y durante la ejecución de la misma.

7.2.5.- En ningún caso, cualquiera que sea el tipo de tuberías, las tensiones en hormigón y armaduras rebasarán las cargas de trabajo fijadas en el presente pliego y en el pliego de prescripciones propio de la obra, o en su caso, en la Instrucción vigente para la ejecución de las obras de hormigón armado.

7.2.6.- El recubrimiento mínimo, tanto de la armadura principal como de las de reparto, será de dos (2) centímetros en hormigón armado y dos con cinco (2,5) para pretensado.

7.2.7.- En tuberías no pretensadas la tensión de tracción en el hormigón debida a la presión interior, teniendo en cuenta las armaduras y la camisa, en su caso, no sobrepasará los veinticinco (25) kilogramos por centímetro cuadrado para una presión

interior igual a vez y media (1,5) la presión máxima de trabajo.

Salvo justificación especial, el coeficiente de equivalente entre armaduras y hormigón no será superior a doce (12).

7.2.8.- En las tuberías no pretensadas, con o sin camisa de chapa, la suma de la sección de las armaduras helicoidales con la de la camisa, en su caso, debe ser tal que el acero ordinario no trabaje a más de ochocientos setenta y cinco (875) kilogramos por centímetro cuadrado cuando la tubería esté sometida a una presión interior igual a la presión máxima de trabajo. No se tendrá en cuenta en ningún caso la resistencia del hormigón a tracción ni la de la armadura del recubrimiento interior.

7.3.- Proyecto de tuberías de hormigón pretensado.

7.3.1.- Además de las condiciones anteriores que sean de aplicación en los tubos de hormigón pretensado, la carga de compresión previa del núcleo no será mayor del cuarenta por ciento (40 por 100) de la carga de rotura del hormigón de la misma edad y conservación. En estos mismos tubos no se anulará la compresión en el hormigón producida por la armadura transversal con la carga de prueba en obra. La compresión transversal permanente en los tubos en servicio no será menor de cinco (5) kilogramos por centímetro cuadrado ni superior al tercio de la carga de rotura del hormigón de los tubos.

7.3.2.- En los tubos pretensados el espesor del núcleo, como norma general, no será inferior a cuarenta (40) milímetros ni el revestimiento de protección de la espiral será inferior a quince (15) milímetros si es de mortero de cemento, o a veinticinco (25) milímetros si es de hormigón, debiendo ser sometidas, previa justificación, al Director de obra las variaciones sobre estas dimensiones aconsejadas.

7.3.3.- La tracción transitoria por la flexión longitudinal que se produce en el proceso del pretensado transversal deberá ser siempre inferior a los dos tercios (2/3) del límite de fisuración.

7.3.4.- En los tubos pretensados el diámetro del acero de alta resistencia, así como la separación entre las espiras, será tal que el núcleo esté suficientemente comprimido para evitar las tensiones de tracción en el hormigón con las tuberías sometidas a las sollicitaciones máximas previstas en el proyecto. Se tendrán en cuenta la pérdida de tensión debida a las deformaciones elásticas y plásticas, tanto en el hormigón como en el acero.

7.3.5.- Normalmente el paso de la hélice será tal que el espacio libre entre los redondos no sea inferior al diámetro del alambre, ni en ningún caso menor de cinco (5) milímetros ni mayor de cuarenta (40) milímetros.

7.3.6.- Se empleará alambre de diámetro comprendido entre tres (3) y ocho (8) milímetros. La tensión en el acero cuando se someta a la tubería a presión no excederá de la tensión inicial del pretensado.

7.3.7.- La tensión inicial del acero para producir el pretensado no debe exceder del ochenta y cinco por ciento (85 por 100) de la tensión de rotura del mismo, o del noventa

por ciento (90 por 100) de su límite elástico. La tensión residual permanente en trabajo será menor del sesenta y seis por ciento (66 por 100) de la tensión de rotura.

7.3.8.- En ningún caso ni en las pruebas (salvo a rotura) deberá trabajar la armadura a tensión superior a la inicial de pretensado.

7.4.- Marcado.

7.4.1.- Además de las marcas prescritas en 1.10 para cualquier clase de tipo de tubos, en el caso en que los tubos de hormigón tengan la armadura asimétrica debe marcarse también la generatriz que debe quedar en la parte superior después del montaje.

7.5.- Fabricación.

7.5.1.- Los tubos deben fabricarse en instalaciones especialmente preparadas, con los procedimientos que se estimen más convenientes por el contratista. Sin embargo, deberá informarse a la Administración sobre utillaje y procedimientos que se va a emplear, así como sobre las eventuales modificaciones que se pretendan introducirse en el curso de los trabajos.

7.5.2.- La Administración podrá rechazar el procedimiento de fabricación que a su juicio no sea adecuado para cumplir las condiciones que se exigen a los tubos dentro de las tolerancias que se fijen. La aceptación del procedimiento no exime de responsabilidad al contratista en los resultados de los tubos fabricados.

7.5.3.- La mezcla se hará en hormigoneras de tipo apropiado, debiendo darse cuenta al Director de obra del diámetro, velocidad de giro y tiempo de amasado.

7.5.4.- Los tubos se fabricarán por centrifugación, por vertido en moldes verticales y vibración, por combinación de ambos métodos o por cualquier otro adecuado que sea aceptable a juicio de la Administración.

7.5.5.- Cuando el hormigón de los tubos se vierta en moldes verticales y se vibren debe efectuarse el vertido en forma relativamente continua y no se admitirán juntas de hormigonado. La vibración del hormigón debe ser uniforme en cada tubo, usándose vibradores de frecuencia no menor de seis mil (6.000) ciclos por minuto, sujetos a los encofrados. Se recomiendan frecuencias superiores a ocho mil (8.000) ciclos por minuto.

7.5.6.- Cuando se use el método de centrifugación debe colocarse el hormigón en los moldes, de forma que asegure en el tubo el espesor de pared previsto y con un mínimo de variaciones en el espesor y en los diámetros en toda su longitud. De todas formas las variaciones no excederán de las tolerancias permitidas. La duración y velocidad de la centrifugación debe ser la suficiente para permitir una completa distribución del hormigón y producir una superficie interior lisa y compacta. Se dispondrá elementos de control suficientes para poder comprobar ambos importantes factores.

7.6.- Hormigones y morteros.

7.6.1.- Los hormigones y morteros empleados en la fabricación de los tubos cumplirán

las prescripciones fijadas en la Instrucción para la ejecución de las obras de hormigón armado vigente, además de las que se indican en el presente pliego.

7.6.2.- Deben ser fabricados en instalaciones de suficiente garantía para tener seguridad de mantener las características del proyecto. Los áridos y el cemento se medirán siempre en peso, y el agua, en peso o en volumen.

7.6.3.- Atendida la dosificación y granulometría adecuadas, la relación agua-cemento deberá garantizarse constantemente, teniendo en cuenta la humedad de los áridos.

7.6.4.- Salvo autorización expresa no se emplearán dosificaciones de cemento inferiores a trescientos cincuenta (350) kilogramos por metro cúbico. Se deberá tener en cuenta el efecto de la retracción para que no se produzca fisuras por este motivo.

7.6.5.- La resistencia característica del hormigón de los tubos, medida en probetas cilíndricas, no será menor de doscientos setenta y cinco (275) kilogramos por centímetro cuadrado a los veintiocho (28) días.

A título meramente orientativo la resistencia a los siete (7) días conviene que sea al menos de ciento setenta (170) kilogramos por centímetro cuadrado, cuya cifra supone una cierta probabilidad de alcanzar a los veintiocho (28) días la resistencia característica exigida.

7.7.- Armaduras.

7.7.1.- Las armaduras consisten en una o más capas de redondo de acero arrolladas generalmente en forma helicoidal, separadas convenientemente y soportadas por otras barras longitudinales.

7.7.2.- En los casos en que además de la armadura anterior las tuberías lleven camisa metálica, esta camisa consistirá en un cilindro de chapa de acero, soldada, situado en el interior del hormigón.

7.7.3.- Las barras de acero para las armaduras podrán ser lisas o corrugadas. Todo el redondo estará perfectamente enderezado antes de su colocación en obra. Se colocará limpio, exento de óxido no adherente, pintura, grasa o cualquier otra sustancia perjudicial.

7.7.4.- La hélice del redondo deberá ser lo más continua posible. En los tubos no pretensados los empalmes deben ser soldados eléctricamente por el método de arco o resistencia a tope, y en cualquier caso la soldadura debe resistir tanto como las barras. Si se autoriza taxativamente el empalme por solapo, la longitud del mismo debe ser igual o mayor a cuarenta (40) veces el diámetro del redondo, zunchado en toda la longitud del solapo.

Los empalmes de las distintas barras se distanciarán unos de otros de tal modo que sus centros queden separados, en la dirección de las armaduras, a más de veinte (20) veces el diámetro del redondo.

En los alambres de pretensado los empalmes deberán ser tales que su resistencia sea

superior a la del alambre, que no modifique sus características y sea de un tipo admisible a juicio de la Administración.

7.7.5.- Se cuidará especialmente que la posición de las armaduras sea la correcta, para lo cual se empleará el sistema apropiado (separadores, etc.) que deberá ser conocido y aprobado por la Administración.

7.7.6.- En tuberías no pretensadas se recomienda que las generatrices se soldadas a las espiras en todos los puntos de cruce. En cualquier caso no existirán dos puntos contiguos sin soldar, tanto en sentido de la espiral como de la generatriz.

7.7.7.- Las chapas de acero para las camisas se soldarán a tope salvo justificación y aceptación en su caso por la Administración, permitiéndose la soldadura transversal y longitudinal o la helicoidal. Todas las soldaduras deberán tener una resistencia a la tracción igual al menos a la de la chapa. Se recomienda que el número de soldaduras de la camisa sea el menor posible. La Administración podrá exigir sacar testigos hasta de un diez por ciento (10 %) de los cilindros construidos, autorizándose al contratista a reparar los cilindros cortados con parches soldados convenientemente. El sistema de soldadura deberá ser conocido y aprobado por la Administración.

7.7.8.- Todas las camisas, después de terminadas y antes de ser revestidas, se someterán a una presión interior que produzca una tensión en la chapa igual a dos veces la que se supone en el cálculo, que deberá producirse con la tubería sometida a la presión máxima de trabajo y como mínimo mil doscientos (1.200) kilogramos por centímetro cuadrado. se mantendrá la presión el tiempo suficiente para permitir la inspección de todas las juntas soldadas y todas las fugas que se presente se repararán por soldadura ensayándose el cilindro nuevamente. No se permitirán el calafateo y ninguna camisa se embutirá en el hormigón hasta que quede libre de fugas según las pruebas anteriores. Antes de colocar cada camisa en el molde, se limpiará de toda escama de óxido, aceites, grasas o materias extrañas, frotándola con cepillo de alambre o por otros métodos aprobados por la Administración.

7.7.9.- En las tuberías pretensadas la armadura transversal consiste en alambre de alta resistencia helicoidalmente arrollado a una tensión uniforme y calculada, alrededor de un núcleo de hormigón, después de que éste haya adquirido su resistencia característica. Este núcleo de hormigón puede llevar o no un cilindro de chapa de acero soldada. Cuando el núcleo no lleve camisa de chapa, deberá colocarse un pretensado longitudinal o adoptarse las disposiciones pertinentes en el proyecto y durante la ejecución que eviten la fisuración que tiene tiende a producirse durante la operación de pretensado circunferencial.

La separación entre espiras será uniforme. En general la separación entre generatrices será también uniforme. En caso contrario se señalará en los tubos la especial colocación de la armadura. La camisas serán también perfectamente cilíndricas, no admitiéndose en su forma tolerancias en diámetro superiores al uno por ciento (1 %) si el diámetro del tubo es igual o inferior a cuatrocientos (400) milímetros, y a setenta y cinco centésimas por ciento (0,75 %) si es el diámetro superior a cuatrocientos (400) milímetros.

7.8.- Pretensado.

7.8.1.- La compresión del hormigón, debida al tesado de la armadura longitudinal o transversal, no debe iniciarse hasta que el hormigón haya alcanzado el módulo de elasticidad, la resistencia y la rigidez previstas en los cálculos para estas fases.

7.8.2.- El sistema de pretensado deberá garantizar constancia de la tensión y permitir el control de la misma al menos con la aproximación permitida en el cálculo para la valoración de tensiones. Se instalará un equipo que permita darse cuenta de una eventual disminución de la tensión.

7.8.3.- El sistema de anclaje de los hilos debe ser tal que no disminuyan las cargas de rotura ni se alteren las características del hilo.

7.9.- Moldes y encofrados.

7.9.1.- Antes de comenzar la fabricación el contratista debe presentar a la Administración para su aprobación todos los planos y detalles para la construcción de moldes.

7.9.2.- Para las tuberías de hormigón que se fabriquen por el método de centrifugación, los moldes deben ser contruidos de acero con juntas estancas y de tal forma que la superficie del molde en contacto con la pared exterior de la tubería ser limpia y lisa. Todos los moldes deben ser suficientemente impermeabilizados con gomas colocadas en las juntas de tal forma que no se produzcan pérdidas de la lechada. Los moldes deben ser lo suficientemente rígidos para permitir todas las operaciones conducente a la colaboración y compactación del hormigón en los mismos.

7.9.3.- Cuando el tubo de hormigón se ejecute en moldes verticales y con vibración, los moldes serán de chapa metálica arrollada en cilindros coaxiales formando los encofrados interior y exterior. Estos encofrados serán estancos y tendrán suficiente rigidez para resistir la vibración sin deformaciones perjudiciales. Durante el hormigonado los moldes apoyarán en su parte inferior en anillos de hierro fundido o acero con junta de goma o neopreno al objeto de conseguir estanquidad a la lechada, y perfección en el acabado de la cara inferior.

7.9.4.- Las juntas de los moldes deben trazarse cuidadosamente para evitar la formación de resaltos en los tubos. Si se usan roblones, sus cabezas deben ser avellanadas en las zonas de contacto con el hormigón, y en caso de soldadura se suprimirán las rebabas.

7.9.5.- Los moldes deben limpiarse y prepararse antes de cada uso y el producto utilizado para facilitar el desmoldeo será tal que no produzca perjuicio a los tubos.

7.9.6.- El desmoldeo no debe iniciarse hasta que el hormigón haya endurecido lo suficiente para evitar daños a los tubos.

7.10.- Curado de hormigón.

7.10.1.- El hormigón de los tubos debe someterse a cualquier método de curado que se apruebe explícitamente por la Administración (agua, vapor, compuesto de curado, etc...). En cualquier caso deben preverse espacio y facilidades suficientes para las operaciones precisas. Los hormigones de los tubos deben ser curados hasta que probetas

cilíndricas de quince (15) centímetros de diámetro y treinta (30) centímetros de altura confeccionadas con el mismo hormigón con que se fabrican los tubos y sometidas a procesos de curado idénticos, hayan adquirido la resistencia que se estime oportuna para que los tubos puedan manejarse dentro de la fábrica sin el menor quebranto.

7.10.2.- El hormigón de los tubos puede ser curado por agua, bien por inmersión o bien por cualquier procedimiento de riego que se apruebe por la Administración y que permita mantener las superficies interior y exterior del tubo mojadas continuamente. Cualquiera que sea el sistema que se emplee se mantendrá el tubo sin desencofrar hasta las veinte (20) horas de haber terminado el hormigonado y no se moverá del sitio de ejecución hasta que hayan pasado como mínimo setenta y dos (72) horas más, durante las cuales superficies interior y exterior se mantendrán constantemente mojadas como queda dicho. A partir de dicho plazo el tubo podrá ser trasladado de sitio en el almacén para seguir manteniendo mojadas sus superficies durante el periodo total de curado.

7.10.3.- Si se hace el curado del hormigón por vapor saturado a presión atmosférica, dicho curado se realizará colocando los tubos en cámaras, cajas o bajo otros cierres estancos que protejan a los hormigones de corrientes de aire. El departamento estanco debe tener suficiente tamaño para permitir una perfecta circulación del vapor por las caras exterior e interior del tubo.

A título orientativo se indican a continuación las posibles fases de este tipo de curado.

Primera fase:

Período de espera de dos (2) a tres (3) horas entre el término de la colocación del hormigón y el comienzo de la aplicación del vapor-

Segunda fase:

Elevación de la temperatura del hormigón a un ritmo no superior a los veinte grados centígrados por hora (20 °C/hora).

Tercera fase:

Desencofrado de los tubos no antes de las ocho (8) horas de haber terminado el hormigonado.

Cuarta fase:

Elevación de la temperatura del hormigón a un ritmo más lento que en la segunda fase.

Quinta fase:

Mantenimiento de la temperatura máxima de curado (no mayor de setenta grados centígrados) (70 °C).

Sexta fase:

Descenso de la temperatura del hormigón a un ritmo no superior a los doce grados

centígrados por hora (12 °C/hora).

Durante el tiempo de curado por vapor, los hormigones deben protegerse contra las alteraciones bruscas de la temperatura. En este período debe evitarse con todo cuidado la desecación del hormigón y una condensación excesiva sobre él.

7.10.4.- Cuando se utilice el curado por membrana será aprobado previamente por la Administración a la vista de los resultados obtenidos en ensayos en laboratorio, tanto desde el punto de vista de su calidad como de su utilización.

7.11.- Tolerancias.

7.11.1.- El diámetro interior del tubo no se diferenciará en ninguna sección en más de uno por ciento (1 por 100) del diámetro que figure en los planos si el diámetro es inferior o igual a cuatrocientos (400) milímetros, ni más de setenta y cinco centímetros por ciento (0,75 por 100) si el diámetro es mayor de cuatrocientos (400) milímetros. En ambos casos, el promedio de los diámetros mínimos tomados en las (5) secciones transversales resultantes de dividir un tubo en cuatro (4) partes iguales, no debe ser inferior al diámetro del tubo.

7.11.2.- En ningún caso punto de la pared de los tubos se admitirán variaciones de espesor superiores al cinco por ciento (5 por 100) del que figure en los planos; el promedio de los espesores mínimos en las cinco secciones, resultantes de dividir la longitud de un tubo en cuatro partes iguales, no debe ser inferior al espesor definido como teórico.

7.11.3.- Si existiera ovalización del enchufe o cordón, la diferencia entre sus diámetros máximo y mínimo no será mayor que el medio por ciento (0,5 por 100) del diámetro que figure en los planos.

7.11.4.- Los ejes geométricos del tubo y de la armadura coincidirán, no admitiéndose una separación entre ellos superior al medio por ciento (0,5 por 100) de dicho diámetro.

7.11.5.- Las juntas deben ser construidas de tal forma que el máximo resalto interior en cualquier punto no sea mayor de tres y medio (3,5) milímetros.

7.11.6.- La longitud de los tubos será la máxima que permita un fácil transporte y montaje de las tuberías. Para conseguir la alineación y perfil dado en los planos, la longitud de los tubos será constantes y no se admitirán variaciones superiores al más menos cinco por ciento (± 5 por 100) de la misma.

7.12.- Piezas especiales.

7.12.1.- Se entiende por piezas especiales todos aquellos elementos de la conducción distintos de los tubos: codos, reducciones, tes, terminales, etc.

7.12.2.- Las características que deben satisfacer tales piezas serán análogas a las exigencias a los tubos sobre los cuales dichas piezas deben ser montadas.

7.12.3.- El dibujo de las piezas especiales y el cálculo de sus dimensiones, de no ser

efectuado directamente por el Ingeniero proyectista, será obligatoriamente sometido a la aprobación de la Administración.

7.12.4.- Las piezas especiales deberán ser, a criterio del Proyectista, construidas en hormigón armado con camisa de chapa metálica construida en obra prefabricada, de fundición o de acero. Generalmente serán de chapa de acero protegida con un revestimiento interior y exterior de hormigón armado, aplicado con procedimientos adecuados.

7.12.5.- Las curvas de gran radio, verticales y horizontales, podrán hacerse con tubos rectos, siempre y cuando lo permita el tipo de junta adoptado: la máxima abertura de las juntas así como la mínima separación para relleno de estas en la parte exterior o interior del tubo será justificada por el fabricante debiendo ser sometida inexcusablemente a la aprobación de la Administración.

8.- TUBOS DE PLÁSTICO

8.1.- Generalidades.

8.1.1.- Los tubos de plástico cumplirán las prescripciones indicativas en los apartados 2.22 y 2.23 sobre condiciones que deben poseer los materiales constituyentes.

8.2.- Fabricación.

8.2.1.- Los tubos de plástico se fabricarán en instalaciones especialmente preparadas con todos los dispositivos necesarios para obtener una producción sistematizada y con un laboratorio mínimo necesario para comprobar por muestreo al menos las condiciones de resistencia y absorción exigidas al material.

8.2.2.- No se admitirán piezas especiales fabricados por la unión mediante soldadura o pegamento de diversos elementos.

8.3.- Marcado.

8.3.1.- Los tubos se marcarán exteriormente y de manera visible con los datos mínimos exigidos en este pliego de prescripciones y con los complementarios que juzgue oportuno el fabricante.

8.4.- Proyecto.

8.4.1.- En los cálculos se establecerán las condiciones de estabilidad mecánica de la tubería, tanto para los esfuerzos de las pruebas como para el uso normal. Cuando el diámetro sea igual o superior a los sesenta (60) milímetros deberá prestarse atención al efecto de las acciones exteriores sobre la tubería.

8.4.2.- En ningún caso se sobrepasarán las tensiones o presiones fijadas por este pliego de tuberías, o el propio del proyecto.

8.4.3.- Si no existe otra indicación, la tensión de rotura del material a tracción por

presión interior será la correspondiente a cincuenta (50) años de vida útil de la obra para la temperatura de circulación del agua. Normalmente se tomará como temperatura de circulación del agua en tubería enterrada la de veinte grados centígrados (20 °C).

8.4.4.- Para plazos menores de cincuenta (50) años, se justificarán detalladamente las causas que fuerzan la consideración de un período de utilización más corto.

8.4.5.- La presión máxima de trabajo (P_t) del tubo (ver 1.4.4.) dará lugar al correspondiente espesor, según se indica en los cuadros 8.4.7 a, b, y c.

8.4.6.- En tuberías de pequeño diámetro (ramales, acometidas, etc.) se cuidará especialmente el tipo de junta adoptada.

8.4.7.- De no haber sido proyectados por la Administración los elementos de la tubería, el contratista someterá obligatoriamente a su aprobación los datos siguientes: sección de los tubos, espesor de sus paredes y tipo de junta empleada, acompañado todo ello de los cálculos hidráulicos y mecánicos justificativos de la solución que se propone.

8.5.- Clasificación.

8.5.1.- Los tubos se clasificarán por su diámetro exterior (diámetro nominal) y la presión máxima de trabajo (P_t) definida en kilogramos por centímetro cuadrado. Dicha presión de trabajo se entiende para cincuenta (50) años de vida útil de la obra y veinte grados centígrados (20 °C) de temperatura de uso del agua. Cuando dichos factores se modifiquen se definirán explícitamente el período útil previsto y la temperatura de uso.

8.6.- Espesores nominales y tolerancias.

8.6.1.- Los diámetros nominales se refieren a los exteriores de los tubos, y las tolerancias admitidas proporcionan los valores máximos en milímetros de los diámetros exteriores, indicados en los cuadros 8.4.7 a, b y c. No se admiten tolerancias con menos.

8.7.- Espesores y tolerancias.

8.7.1.- Los espesores y tolerancias vienen indicados en los cuadros 8.4.7. a, b y c. no se admitirán en menos.

CUADRO NÚMERO 8.4.7.a

Polivilino (PVC)

(Espesores reales que corresponden a los diferentes diámetros y presiones máximas de trabajo)

Diámetro nominal (exterior)	Máximo diámetro (tolerancia)	Presión máxima de trabajo en Kg/cm ²									
		2,5		4		6		10		16	
		Espesor	Tolerancia en más	Espesor	Tolerancia en más	Espesor	Tolerancia en más	Espesor	Tolerancia en más	Espesor	Tolerancia en más

	en milímetros										
40	40,20	--	--	1,8	0,40	2,0	0,40	3,0	0,50	4,5	0,65
50	50,20	--	--	1,8	0,40	2,4	0,45	3,7	0,55	5,6	0,75
63	63,20	--	--	1,9	0,40	3,0	0,50	4,7	0,65	7,0	0,90
75	75,25	1,8	0,40	2,2	0,40	3,6	0,55	5,6	0,75	--	--
90	90,25	1,8	0,40	2,7	0,45	4,3	0,65	6,7	0,85	--	--
110	110,30	2,2	0,40	3,2	0,50	5,3	0,75	8,2	1,00	--	--
125	125,30	2,5	0,45	3,7	0,55	6,0	0,80	9,3	1,15	--	--
140	140,35	2,8	0,50	4,1	0,60	6,7	0,85	10,4	1,25	--	--
160	160,35	3,2	0,50	4,7	0,65	7,7	0,95	11,9	1,40	--	--
180	180,40	3,6	0,55	5,3	0,75	8,6	1,05	--	--	--	--
200	200,40	4,0	0,60	5,9	0,80	9,6	1,15	--	--	--	--
225	225,45	4,5	0,65	6,6	0,85	10,8	1,30	--	--	--	--
250	250,50	4,9	0,70	7,3	0,95	11,9	1,40	--	--	--	--
280	280,55	5,5	0,75	8,2	1,00	13,4	1,55	--	--	--	--
315	315,60	6,2	0,80	9,2	1,10	15,0	1,70	--	--	--	--
355	355,65	7,0	0,90	10,4	1,25	16,9	1,90	--	--	--	--
400	400,70	7,9	1,00	11,7	1,35	19,1	2,10	--	--	--	--
Espesores y tolerancias en milímetros.											
No se admiten tolerancias en menos, ni en el diámetro exterior ni en los espesores.											

CUADRO NÚMERO 8.4.7.b

Polietileno de baja densidad

(Espesores reales que corresponden a los diferentes diámetros y presiones máximas de trabajo)

Diámetro nominal (exterior)	Máximo diámetro (tolerancias en milímetros)	Presión máxima de trabajo en Kg/cm ²					
		2,5		4		6	
		Espesor	Tolerancia en más	Espesor	Tolerancia en más	Espesor	Tolerancia en más
40	40,4	2,5	0,5	3,7	0,6	5,8	0,8
50	50,5	3,2	0,6	4,6	0,7	7,2	1,0
63	63,6	4,0	0,6	5,8	0,8	9,0	1,1
75	75,7	4,7	0,7	6,9	0,9	10,8	1,3
90	90,9	5,7	0,8	8,2	1,1	12,9	1,5
110	111,0	6,9	0,9	10,0	1,2	15,8	1,8
125	126,1	7,9	1,0	11,4	1,4	17,9	2,0

140	141,3	8,8	1,1	12,8	1,5	20,0	2,2
160	161,5	10,0	1,2	14,8	1,7	--	--
180	181,7	11,3	1,4	16,4	1,9	--	--
200	201,8	12,5	1,5	--	--	--	--
Espesores y tolerancias en milímetros.							
No se admiten en menos, ni en el diámetro exterior ni en los espesores.							

CUADRO NÚMERO 8.4.7.c

Polietileno de alta densidad

(Espesores reales que corresponden a los diferentes diámetros y presiones máximas de trabajo)

Diámetro nominal (exterior)	Máximo diámetro (tolerancias en milímetros)	Presión máxima de trabajo en Kg/cm ²					
		2,5		4		6	
		Espesor	Tolerancia en más	Espesor	Tolerancia en más	Espesor	Tolerancia en más
40	40,4	2,0	0,40	2,3	0,45	3,6	0,55
50	50,45	2,0	0,40	2,8	0,50	4,5	0,65
63	63,6	2,4	0,45	3,6	0,55	5,7	0,75
75	75,7	2,8	0,50	4,3	0,65	6,8	0,90
90	90,8	3,5	0,55	5,1	0,70	8,2	1,00
110	110	4,2	0,60	6,2	0,80	10,0	1,20
125	126,2	4,8	0,70	7,1	0,90	11,4	1,35
140	141,3	5,4	0,75	7,9	1,00	12,7	1,45
160	161,5	6,2	0,80	9,1	1,15	14,6	1,65
180	181,7	6,9	0,90	10,2	1,20	16,4	1,35
200	201,8	7,7	0,95	11,4	1,35	18,2	2,00
225	227,1	8,7	1,05	12,8	1,50	20,5	2,25
250	252,3	9,6	1,15	14,2	1,60	22,8	2,50
280	282,6	10,8	1,30	15,9	1,80	25,5	2,75
315	317,9	12,1	1,40	17,9	2,00	--	--
355	358,2	13,7	1,55	20,1	2,20	--	--
400	403,6	15,4	1,70	22,7	2,45	--	--
Espesores y tolerancias en milímetros.							
No se admiten en menos, ni en el diámetro exterior ni en los espesores.							

8.8.- Aspecto de los tubos.

8.8.1.- El material de los tubos estará exento de grietas, granulaciones, burbujas o faltas

de homogeneidad de cualquier tipo. Las paredes serán suficientemente opacas para impedir el crecimiento de algas o bacterias, cuando las tuberías queden expuestas a la luz solar.

8.9.- Juntas y uniones.

8.9.1.- Las condiciones de funcionamiento de las juntas y uniones deberán ser justificadas con los ensayos realizados en un laboratorio oficial, y no serán inferiores a las correspondientes al propio tubo.

9. PROTECCIÓN DE TUBERÍAS.

9.1.- Generalidades.

9.1.1.- La corrosión de las tuberías depende principalmente del medio ambiente en que están colocadas, del material de su fabricación y del régimen de funcionamiento a que se ven sometidas.

El Ingeniero proyectista tener en cuenta estos factores para elegir la protección adecuada.

9.1.2.- Las tuberías destinadas a abastecimiento de agua se proyectan ordinariamente enterradas, por lo que se trata este caso de manera particular.

En los casos de tuberías no enterradas y de las sumergidas el Proyectista estudiará la protección que proceda teniendo en cuenta las especiales condiciones corrosivas del medio ambiente.

9.1.3.- Cualquier sistema de protección deberá reunir las siguientes condiciones:

- a) Buena adherencia a la superficie de la tubería a proteger.
- b) Resistencia física y química frente al medio corrosivo en que está situada.
- c) Impermeabilidad a dicho medio corrosivo.

9.1.4.- La protección exterior de la tubería es la que debe estudiarse con mayor cuidado, debido a que, de ordinario, el medio circundante es más agresivo que el agua que circula por el interior.

9.2.- Factores que influyen en la corrosión.

9.2.1.- Los factores que influyen en la corrosión de tuberías metálicas o de las armaduras de las tuberías de hormigón pueden encuadrarse en los grupos siguientes:

- 1.- La porosidad del suelo, que determina la aireación y por tanto, la afluencia de oxígeno a la superficie de la pieza metálica.
- 2.- Los electrolitos existentes en el suelo, que determinan su conductividad.

3.- Factores eléctricos, como pueden ser la diferencia de potencial existente entre dos puntos de la superficie del metal, el contacto entre dos metales distintos y las corrientes parásitas.

4.- El pH de equilibrio del agua y del terreno.

5.- La acción bacteriana, que influye en la corrosión de tuberías enterradas junto con la aireación y la presencia de sales solubles.

6.- El aumento de la agresividad, producido por la superposición de dos o más de los factores anteriores.

9.3.- Clasificación general de los sistemas de protección.

9.3.1.- Entre los posibles sistemas de protección de tuberías se destacan los siguientes:

	A base de betunes asfálticos
Recubrimientos orgánicos	Mástiques asfálticos de aplicación en caliente. Pinturas asfálticas. Recubrimientos reforzados.
Recubrimientos inorgánicos	A base de cemento portland. Metálicos.
Protección catódica	Por fuente de corriente auxiliar. Por ánodos de sacrificio

9.3.2.- A título de mera orientación se indican esquemáticamente a continuación los tipos usuales de revestimiento de tuberías, siguiendo el orden indicado en el cuadro siguiente:

Protección	Exterior	Tuberías metálicas enterradas (cuadro 9.4.1.a)
		Tuberías metálicas en la atmósfera (cuadro 9.4.1.b)
		Tuberías metálicas sumergidas (cuadro 9.4.1.c)
		Tuberías a base metálicas (cuadro 9.5.1.)
		Tuberías metálicas (cuadro 9.5.1)
	Interior	

9.4.- Protección exterior.

9.4.1.- En los cuadros 9.4.1. a, b y c, se describen algunos tipos de protección exterior de tuberías metálicas, atendiendo a que estén enterradas, en la atmósfera o sumergidas y a la mayor o menor agresividad del medio.

9.4.2.- En el cuadro 9.4.2. se describen algunos tipos de protección exterior de tuberías a base de cemento atendiendo al tipo de medio ambiente que las rodea y a la mayor o menor agresividad del mismo.

CUADRO NÚMERO 9.4.1.b

Protección exterior.

Tuberías metálicas en la atmósfera.

Medio ambiente	Producto base de la protección	Sistema		
		Imprimación	Capas intermedias	Acabado
Poco o moderadamente agresivo	Alquitrán y pintura.	Una o dos capas de pintura de minio de plomo con barniz de resina sintética		Una capa de esmalte sintético o una capa de pintura de alquitrán
	Cinc metálico	Galvanizado electrolítico por inmersión o metalizado a pistola		
Muy agresivo	Alquitrán	Capa de pintura de alquitrán	1. Capa gruesa de esmalte de alquitrán de aplicación en frío. 2. Capa gruesa de emulsión de alquitrán	Capa de pintura de aluminio.

Estos detalles son meramente indicativos.

CUADRO NÚMERO 9.4.1.a

Protección exterior

Tuberías metálicas enterradas

Medio ambiente	Producto base de protección	Sistemas		
		Imprimación	Capas intermedias	Acabado
Poco o medianamente agresivo	Alquitrán 1º	Capa de pintura de alquitrán o clorocaucho	Capa de esmalte de alquitrán de aplicación en caliente, con un filtro de amianto embebido.	Capa de lechada de cal o un papel kraft.
	Alquitrán 2º	Capa de emulsión de alquitrán con las características del apartado 2.32.6.		
	Asfalto	Capa de betún		Capa de

		asfáltico soplado (espesor máximo 0,5 mm.)		mástique asfáltico (espesor mínimo 2 mm.)
	Cinc metálico (galvanizado)	Capa de cinc aplicada por inmersión de la tubería en cinc fundido.		
		Capa de alquitrán o clorocaucho	1. Capa de esmalte de alquitrán (espesor de 1,5 a 3 mm.) 2. Filtro de amianto de fibra de vidrio o arpillera de yute saturado de alquitrán. 3. Capa de esmalte de alquitrán (espesor mínimo 1 mm.)	Capa de lechada de cal o un papel kraft.
			4. Filtro de amianto de fibra de vidrio o arpillera de yute saturado de alquitrán	
Muy agresivo	Asfalto (zonas encharcadas)	Capa de betún asfáltico		Capa de mástique asfáltico de aplicación en caliente (espesor mínimo, 3 mm.)
	Asfalto (protección media)	Capa de betún asfáltico soplado (espesor máximo 5 mm.)	1. Capa de esmalte asfáltico (espesor mínimo 2 milímetros)	

			2. Filtro de amianto de fibra de vidrio o arpillera de yute saturado de betún asfáltico	
	Asfalto (fuerte protección)	Capa de betún asfáltico soplado (espesor máximo 5 mm)	1. Capa de mástique asfáltico (espesor mínimo 2 mm.) 2. Filtro de amianto de fibra de vidrio o arpilleria de yute saturado de alquitrán. 3. Capa de mástique de dos milímetros de espesor. 4. Filtro de amianto de fibra de vidrio o arpilleria de yute saturado de alquitrán. 5. Capa de mástique asfáltico (espesor mínimo 2 mm.)	Revestimiento de cordel de espesor
	Cemento	Capa de mortero de cemento, reforzado con malla de alambre. Las posibles grietas producidas se sellarán con betún asfáltico o brea de hulla.		
	Protección	Por fuerte de corriente auxiliar o por ánodos		

	catódica (en combinación con algún revestimiento)	de sacrificio			
Muy agresivo (caso de erosión mecánica)	Alquitrán y cemento	Chapa de alquitrán o clorocaucho	Capa de esmalte de alquitrán (espesor de 1,5 a 3 mm.)	Revestimiento de mortero de cemento	

Estos detalles son meramente indicativos.

CUADRO NÚMERO 9.4.1.c

Protección exterior

Tuberías metálicas sumergidas

Medio ambiente	Producto base de la protección	Sistema		
		Imprimación	Capas intermedias	Acabado
Agua dulce	Pintura fenólica	Capa de barniz fenólico pigmentado con minio de plomo		Varias capas sucesivas de pintura fenólica pigmentada con aluminio
	Alquitrán	Capa de alquitrán o clorocaucho		Pintura antiincrustable (opcional)
	Alquitrán epoxi	Una o dos capas de alquitrán epoxi		
	Alquitrán	Capa de alquitrán o clorocaucho	1. Capa de esmalte de alquitrán (espesor de 1,5 a 3 mm.) 2. Filtro de amianto de fibra de vidrio o arpillera de yute saturado de alquitrán.	Capa de esmalte de alquitrán (espesor mínimo, 1 milímetro).
	Pintura de cinc	Capas de cinc metálico aplicado a pistola con	Pintura rica en cinc aglomerante orgánico	Pintura impermeable.

		espesor de 2 mm.		
	Uretanos	Capa de pintura formada a base de un vehículo de aceite de ricino al cual se le incorpora en el momento de su aplicación un polisocianato.		
	Resina vinílica	Wash-primers de butiral polivinilo		Una o varias capas de pintura vinílica.
	Resina vinílica	Una o varias capas de pintura vinílica en cuya resina contiene grupos carboxilos		
	Protección catódica	Los sistemas anteriores pueden ir suplementados con una protección catódica.		
Agua dulce en caso de posible erosión	Resina epoxi	Capa anticorrosiva rica en cinc.		Capa de recubrimiento epoxi, curado, con poliamidas y mezclado con arena.

Estos detalles son meramente indicativos.

CUADRO NÚMERO 9.4.2.

Protección exterior

Tubería a base de cemento

Medio ambiente	Producto base de la protección	Sistema		
		Imprimación	Capas intermedias	Acabado
Agresivo	Emulsiones bituminosas	Emulsiones de asfalto o alquitrán.		
	Asfaltos y alquitranes	Se utilizarán unos u otros, pero nunca en contacto.		
	Caucho	Capa de clorocaucho		Recubrimientos bituminosos o de neopreno
	Esteres epoxi	Capa resistente a los álcalis del cemento		Una o varias capas de pintura éster epoxi
	Alquitrán epoxi	Una o varias capas de pintura de alquitrán epoxi		
	Silicatos	Una o varias capas de soluciones acuosas de silicato sódico o fluosilicatos de magnesio de cinc.		
Muy agresivo	Neopreno	Una capa de		Una o varias

		clorocaucho		capas de pintura de neopreno
Muy agresivo y larga duración	Epoxi	Una o varias capas de pintura epoxi		
Agresivo (con inmersión continua o intermitente en agua)	Resinas vinílicas	Una o varias capas de pintura vinílica.		

Estos detalles son meramente indicativos.

CUADRO NÚMERO 9.5.1.

Protección interior

Tuberías metálicas

Medio ambiente	Producto base de imprimación	Sistema		
		Imprimación	Capas intermedias	Acabado
Cualquier medio	Alquitrán	Compuesto de breas de alquitrán y aceites de alquitrán refinados	Esmalte de alquitrán de aplicación en caliente	
	Cinc metálico Cemento	Galvanizado eletrolítico o galvanizado por inmersión. Revestimiento centrífugado de mortero de cemento.		

Estos detalles son meramente indicativos.

NOTA.- Las tuberías a base de cemento no necesitan protección interior.

9.5.- Protección interior.

9.5.1.- En la protección interior de tuberías metálicas debe tenerse en cuenta que el agua que circula por su interior es agua potable, dando lugar a una agresividad relativamente escasa, por lo que los tipos de protección que se utilizan son de una gran sencillez. En el cuadro 9.5.1. se indican los más usuales.

9.5.2.- En las tuberías fabricadas a base de cemento debe considerarse la posibilidad de que aguas muy puras pueden ser agresivas.

9.6.- Protección catódica.

9.6.1.- Las corrientes eléctricas en el terreno, cualquiera que sea su origen, pueden

producir fenómenos de electrólisis que llegan a originar destrucciones importantes. Se favorece la protección catódica de las tuberías consiguiendo la continuidad eléctrica en el sentido longitudinal y también una buena conductividad, bien sea por soldadura de los elementos metálicos de los tubos o por cualquier otro medio apropiado.

9.6.2.- Los elementos metálicos que no interese o no sea económico defender catódicamente (pozos, estaciones de bombeo, uniones con redes no protegidas, etc.) se deben independizar de las corrientes eléctricas con juntas aislantes.

9.6.3.- La protección catódica adecuada para defender una tubería de los fenómenos de electrólisis constituye un estudio que en muchas ocasiones necesitará el asesoramiento de bibliografía y de técnicos especializados en la materia. A título orientativo se señalan sistemas de protección cuyos esquemas pueden verse en la figura 9.6.3.

Figura 9.6.3

Protección catódica	Por ánodos de sacrificio	
		Trasegado de corrientes
	Por fuentes de corriente auxiliar	Rectificador regulado
		Trasegado regulado
	Por drenaje polarizado	
	Sistemas compuestos	

9.6.4.- En el sistema de protección denominado de "ánodos de sacrificio" el metal que se quiere proteger se conecta a otro más electronegativo, formando una pila, consiguiendo, con el sacrificio del metal añadido, salvar el metal de la tubería. Como electrodos de sacrificio se emplean el magnesio o algunas de sus aleaciones, el cinc y el aluminio, que se colocan en bloques. Estos bloques van enterrados en un medio regulador que asegure la despolarización del sistema, disminuyendo así la resistencia interior del mismo

9.6.5.- En el "trasegado de corriente" se utiliza un rectificador que trabaja sobre un vertedero como ánodo (electrodo auxiliar o contraelectrodo) y la tubería como cátodo.

9.6.6.- El "rectificador regulado" consiste en la misma solución anterior con dispositivo de regulación del suministro corriente de protección.

9.6.7.- El "trasegado regulado" lleva intercalado un rectificador regulado entre un carril de vía férrea electrificado (polo positivo del rectificador) y el metal de la tubería (polo negativo).

9.6.8.- En el "drenaje polarizado" se establece una conexión unidireccional entre la tubería y el carril de una vía férrea electrificada. Esta conexión solo permite el flujo de corriente en el sentido de tubería a vía férrea presentada una resistencia infinita a la corriente en sentido contrario. El carril constituye un ánodo prácticamente insoluble.

9.6.9.- Los "sistemas compuestos" resultan de la combinación del trasegado y el drenaje. Ambos se diferencian en que los ánodos están constituidos, respectivamente, por un vertedero o por un carril.

10.- INSTALACIÓN DE TUBERÍAS.

10.01.- Transporte y manipulación.

10.1.1.- En las operaciones de carga, transporte y descarga de los tubos se evitarán los choques, siempre perjudiciales; se depositarán sin brusquedades en el suelo, no dejándolos caer; se evitará rodarlos sobre piedras, y en general, se tomarán las precauciones necesarias para su manejo de tal manera que no sufran golpes de importancia. Cuando se trata de tubos de cierta fragilidad en transportes largos, sus cabezas deberán protegerse adecuadamente.

10.1.2.- Al proceder a la descarga conviene hacerlo de tal manera que los tubos que se golpeen entre sí o contra el suelo. Los tubos se descargarán, a ser posible, cerca del lugar donde deben ser colocados en la zanja, y de forma que puedan trasladarse con facilidad al lugar de empleo. Se evitarán que el tubo quede apoyado sobre puntos aislados.

10.1.3.- Tanto en el transporte como en el apilado se tendrá presente el número de capas de ellos que puedan apilarse de forma que las cargas de aplastamiento no superen el cincuenta por ciento (50 %) de las de prueba.

10.1.4.- En el caso de que la zanja no estuviera abierta todavía se colocará la tubería, siempre que sea posible, en el lado opuesto a aquel en que se piensen depositar los productos de la excavación, y de tal forma que quede protegida del tránsito de los explosivos, etc.

10.1.5.- Los tubos de hormigón recién fabricados no deben almacenarse en el tajo por un periodo largo de tiempo en condiciones que puedan sufrir secados excesivos o fríos intensos. Si fuera necesario hacerlo se tomarán las precauciones oportunas para evitar efectos perjudiciales en los tubos.

10.1.6.- Los tubos acopiados en el borde las zanjas y dispuestos ya para el montaje deben ser examinados por un representante de la Administración, debiendo rechazarse aquellos que presenten algún defecto perjudicial.

10.2.- Zanjas para alojamiento de tuberías.

10.2.1.- La profundidad mínima de las zanjas se determinará de forma que las tuberías resulten protegidas de los efectos del tráfico y cargas exteriores, así como preservadas de las variaciones de temperatura del medio ambiente. Para ello, el Proyectista deberá tener en cuenta la situación de la tubería (según sea bajo calzada o lugar de tráfico más o menos intenso, o bajo aceras o lugar sin tráfico), el tipo de relleno, la pavimentación si existe, la forma y calidad del lecho de apoyo, la naturaleza de las tierras, etc... Como norma general bajo calzadas o en terreno de tráfico rodado posible, la profundidad mínima será tal que la generatriz superior de la tubería quede por lo

menos a un metro de la superficie; en aceras o lugares sin tráfico rodado puede disminuirse este recubrimiento a sesenta (60) centímetros. Si el recubrimiento indicado como mínimo no pudiera respetarse por razones topográficas, por otras canalizaciones, etc... se tomarán las medidas de protección necesarias.

Las conducciones de agua potable se situarán en plano superior a las de saneamiento, con distancias vertical y horizontal entre una y otra no menor a un metro, medido entre planos tangentes, horizontales y verticales a cada tubería más próximos entre si. En obras de poca importancia y siempre que se justifique debidamente podrá reducirse dicho valor de un (1) metro hasta cincuenta (50) centímetros. Si estas distancias no pudieran mantenerse o fuera preciso cruces con otras canalizaciones, deberán adoptarse precauciones especiales.

10.2.2.- La anchura de las zanjas debe ser la suficiente para que los operarios trabajen en buenas condiciones, dejando, según el tipo de tubería, un espacio suficiente para que el operario instalador pueda efectuar su trabajo con toda garantía. El ancho de la zanja depende del tamaño de la tubería, profundidad de la zanja, taludes de las paredes laterales, naturaleza del terreno y consiguiente necesidad o no de entibación, etc...; como norma general, la anchura mínima no debe ser inferior a sesenta (60) centímetros y se debe dejar un espacio de quince a treinta (15 a 30) centímetros a cada lado del tubo, según el tipo de juntas. Al proyectar la anchura de la zanja se tendrá en cuenta si su profundidad o la pendiente de su solera exigen el montaje de los tubos con medios auxiliares especiales (pórticos, carretones, etc...). Se recomienda que no transcurran más de ocho días entre la excavación de la zanja y la colocación de la tubería.

10.2.3.- En el caso de terrenos arcillosos o margosos de fácil meteorización, si fuese absolutamente imprescindible efectuar con más plazo la apertura de las zanjas, se deberá dejar sin excavar unos veinte (20) centímetros sobre la rasante de la solera para realizar su acabado en plazo inferior al citado.

10.2.4.- Las zanjas pueden abrirse a mano o mecánicamente, pero en cualquier caso su trazado deberá ser correcto, perfectamente alineadas en planta y con la rasante uniforme, salvo que el tipo de junta a emplear precise que se abran nichos. Estos nichos de fondo y de las paredes no deben efectuarse hasta el momento de montar los tubos y a medida que se verifique esta operación, para asegurar su posición y conservación

10.2.5.- Se excavará hasta la línea de la rasante siempre que el terreno sea uniforme; si quedan al descubierto piedras, cimentaciones, rocas, etc.... será necesario excavar por debajo de la rasante para efectuar un relleno posterior. Normalmente esta excavación complementaria tendrá de quince a treinta (15 a 30) centímetros de espesor. De ser preciso efectuar voladuras para las excavaciones, en especial en poblaciones, se adoptarán precauciones para la protección de personas o propiedades, siempre de acuerdo con la legislación vigente y las ordenanzas municipales, en su caso.

10.2.6.- El material procedente de la excavación se apilará lo suficiente alejado del borde de las zanjas para evitar el desmoramiento de estas o que el desprendimiento del mismo pueda poner en peligro a los trabajadores. En el caso de que las excavaciones afecten a pavimentos, los materiales que puedan ser usados en la restauración de los mismos deberán ser separados del material general de la excavación.

10.2.7.- El relleno de las excavaciones complementarias realizadas por debajo de la rasante se regularizará dejando una rasante uniforme. El relleno se efectuará preferentemente con arena suelta, grava o piedra machacada, siempre que el tamaño superior de esta no exceda de dos (2) centímetros. Se evitará el empleo de tierras inadecuadas. Estos rellenos se apisonarán cuidadosamente por tongadas y se regularizará la superficie. En el caso de que el fondo de la zanja se rellene con arena o grava los nichos para las juntas se efectuarán en el relleno. Estos rellenos son distintos de las camas de soporte de los tubos y su único fin es dejar una rasante uniforme.

10.2.8.- Cuando por su naturaleza el terreno no asegure la suficiente estabilidad de los tubos o piezas especiales, se compactará o consolidará por los procedimientos que se ordenen y con tiempo suficiente. En el caso de que se descubra terreno excepcionalmente malo se decidirá la posibilidad de construir una cimentación especial (apoyos discontinuos en bloques, pilotajes, etc...).

10.3.- Montaje de tubos y relleno de zanjas.

10.3.1.- El montaje de la tubería deberá realizarlo personal experimentada que, a su vez, vigilará el posterior relleno de zanja, en especial la compactación directamente a los tubos.

10.3.2.- Generalmente los tubos no se apoyarán directamente sobre la rasante de la zanja, sino sobre camas. Para el cálculo de las reacciones de apoyo se tendrá en cuenta el tipo de cama. Salvo cláusulas distintas en el pliego de prescripciones técnicas particulares, se tendrá en cuenta lo siguiente, según el diámetro del tubo, la calidad y naturaleza del terreno:

1.- En tuberías de diámetro inferior a treinta (30) centímetros serán suficientes camas de grava, arena o gravilla o suelo mejorado con un espesor mínimo de quince (15) centímetros.

2.- En tuberías con diámetro comprendido entre treinta (30) y sesenta (60) centímetros, el proyectista tendrá en cuenta las características del terreno, tipo de materia, etc... y tomará las precauciones necesarias, llegando, en su caso, a las descritas en el párrafo siguiente:

3.- En tuberías con diámetro superior a sesenta centímetros se tendrá en cuenta.

a) Terrenos normales y de roca. En este tipo de terrenos se extenderá un lecho de gravilla o de piedra machacada, con un tamaño máximo de veinticinco (25) milímetros y mínimo de cinco (5) milímetros a todo lo ancho de la zanja con espesor de un sexto ($1/6$) del diámetro exterior del tubo y mínimo de veinte (20) centímetros; en este caso la gravilla actuará de dren, al que se dará salida en los puntos convenientes.

b) Terreno malo. Si el terreno es malo (fangos, rellenos, etc...) se extenderá sobre toda la solera de la zanja una capa de hormigón pobre, de zahorra, de ciento cincuenta (150) kilogramos de cemento por metro cúbico y con un espesor de quince (15) centímetros.

c) Terrenos excepcionalmente malos. Los terrenos excepcionalmente malos como los deslizantes, los que estén constituidos por arcillas expansivas con humedad variable, los

que por estar en márgenes de ríos de previsible desaparición y otros análogos, se tratarán con disposiciones adecuadas en cada caso, siendo criterio general procurar evitarlos, aún con aumento del presupuesto.

10.3.3.- Antes de bajar los tubos a la zanja se examinarán estos y se apartarán los que presenten deterioros perjudiciales. Se bajarán al fondo de la zanja con precaución, empleando los elementos adecuados según su peso y longitud.

10.3.4.- Una vez los tubos en el fondo de la zanja, se examinarán para cerciorarse de que su interior está libre de tierra, piedras, útiles de trabajo, etc... y se realizará su centrado y perfecta alineación, conseguido lo cual se procederá a calzarlos y acodalarlos con un poco de material de relleno para impedir su movimiento. Cada tubo deberá concentrarse perfectamente con los adyacentes; en el caso de zanjas con pendientes superiores al diez por ciento (10 por 100) la tubería se colocará en sentido ascendente. En el caso de que, a juicio de la Administración, no sea posible colocarla en sentido ascendente se tomarán las precauciones debidas para evitar el deslizamiento de los tubos. Si se precisase reajustar algún tubo, deberá levantarse el relleno y prepararlo como para su primera colocación

10.3.5.- Cuando se interrumpa la colocación de tubería se taponarán los extremos libres para impedir la entrada de agua o cuerpos extraños, procediendo, no obstante esta precaución a examinar con todo cuidado el interior de la tubería al reanudar el trabajo por si pudiera haberse introducido algún cuerpo extraño en la misma.

10.3.6.- Las tuberías y zanjas se mantendrán libres de agua, agotando con bomba o dejando desagües en la excavación. Para proceder al relleno de las zanjas se precisará autorización expresa de la Administración.

10.3.7.- Generalmente no se colocará más de cien (100) metros de tubería sin proceder al relleno, al menos parcial, para evitar la posible flotación de los tubos en caso de inundación de la zanja y también para protegerlos, en lo posible de los golpes.

10.3.8.- Una vez colocada la tubería, el relleno de las zanjas se compactarán por tongadas sucesivas. Las primeras tongadas hasta unos treinta (30) centímetros por encima de la generatriz superior del tubo se harán evitando colocar piedras o gravas con diámetros superiores a dos (2) centímetros y con un grado de compactación no menor de 95 por 100 del Proctor Normal. Las restantes podrán contener material más grueso, recomendándose, sin embargo, no emplear elementos de dimensiones superiores a los veinte (20) centímetros en el primer metro, y con un grado de compactación del 100 por 100 del Proctor Normal. Cuando los asientos previsibles de las tierras de relleno no tengan consecuencias de consideración, se podrá admitir el relleno total con una compactación al 95 por 100 del Proctor Normal. Se tendrá especial cuidado en el procedimiento empleado para terraplenar zanjas y consolidar rellenos, de forma que no produzcan movimientos en la tuberías. No se rellenarán las zanjas, normalmente, en tiempo de grandes heladas o con material helado.

10.4.- Juntas.

10.4.1.- En la elección del tipo de junta, el Proyectista deberá tener en cuenta las solicitudes externas e internas a que ha de estar sometida la tubería, rigidez de la

cama de apoyo, presión hidráulica, etc... así como la agresividad del terreno y otros agentes que puedan alterar los materiales que constituyen la junta. En cualquier caso las juntas serán estancas a la presión de prueba, resistirán los esfuerzos mecánicos y no producirán alteraciones apreciables en el régimen hidráulico de la tubería. Cuando las juntas sean rígidas no se terminarán hasta que no haya un número suficiente de tubos colocados por delante para permitir su correcta situación en alineación y rasante.

Las juntas para las piezas especiales serán análogas a las del resto de la tubería, salvo el caso de piezas cuyos elementos contiguos deben ser visitables o desmontables, en cuyo caso se colocarán juntas de fácil desmontaje.

10.4.2.- El Proyectista fijará las condiciones que deben cumplir los elementos que se hayan de suministrar a la obra para ejecutar las juntas. El contratista está obligado a presentar planos y detalles de la junta que se va a emplear de acuerdo con las condiciones del proyecto, así como las características de los materiales, elementos que la forman y descripción del montaje, al objeto de que la Administración, caso de aceptarla, previas las pruebas y ensayos que juzgue oportunos, pueda comprobar en todo momento la correspondencia entre el suministro y montaje de las juntas y la proposición aceptada.

10.4.3.- Entre las juntas a que se refieren los párrafos anteriores se encuentran las denominadas de bridas, mecánicas y de manguito. En caso de no establecerse condiciones expresas sobre estas juntas, se tendrá en cuenta las siguientes:

a) Las juntas a base de bridas se ejecutarán interponiendo entre las dos coronas una arandela de plomo de tres (3) milímetros de espesor como mínimo, perfectamente centrada, que será fuertemente comprimida con los tornillos pasantes; las tuercas deberán apretarse alternativamente, con el fin de producir una presión uniforme sobre todas las partes de la brida; esta operación se hará también así en caso en que por fugas de agua fuese necesario ajustar más las bridas. Se prohíben las arandelas de cartón, y la Administración podrá autorizar las juntas a base de goma especial con entramado de alambre o cualquier otro tipo.

b) Las juntas mecánicas están constituidas a base de elementos metálicos, independientes del tubo, goma o material semejante y tornillos con collarín de ajuste o sin él. En todos los casos es preciso que los extremos de los tubos sean perfectamente cilíndricos para conseguir un buen ajuste de los anillos de goma. Se tendrá especial cuidado en colocar la junta por igual alrededor de la unión, evitando la torsión de los anillos de goma. Los extremos de los tubos no quedarán a tope, sino con un pequeño huelgo, para permitir ligeros movimientos relativos. En los elementos mecánicos se comprobará que no hay ni defectos de fundición; se examinará el buen estado de los filetes de las rocas de los tornillos y de las tuercas y se comprobará también que los diámetros y longitudes de los tornillos son los que corresponden a la junta propuesta y al tamaño del tubo. Los tornillos y tuercas se apretarán alternativamente, con el fin de producir una presión uniforme sobre todas las partes del collarín y se apretarán inicialmente a mano y al final con llave adecuada, preferentemente con limitación del par de torsión. Como orientación, el par de torsión para tornillos de quince (15) milímetros de diámetro no sobrepasará los siete (7) metros kilogramo; para tornillos de veinticinco (25) milímetros de diámetro será de diez a catorce (10 a 14) metros kilogramo, y para tornillos on un diámetro de treinta y dos (32) milímetros el par de

torsión estará comprendido entre los doce y diecisiete (12 y 17) metros kilogramo.

c) Cuando la unión de los tubos se efectúe por manguito del mismo material y anillo de goma, además de la precaución general en cuanto a la torsión de los anillos, habrá de cuidarse el centrado perfecto de la junta. Los extremos de los tubos no quedarán en contacto, dejando una separación de uno y medio (1,5) centímetros, para lo cual se podrá señalar la posición final de las juntas de la junta se obtendrá desplazando el manguito o copa y los anillos a mano o con aparatos adecuados. Los anillos podrán ser de sección circular, sección en V o formados por piezas con varios rebordes, equivalentes a otros tantos anillos. El número de anillos de goma será variable y los manguitos o la copa llevarán en su interior rebajes o resaltos para alojar y sujetar estos. Los extremos de los tubos serán torneados. Se mantendrán todas las precauciones de limpieza indicadas para las juntas, limpiándose de cualquier materia extraña que no sea el revestimiento normal.

10.4.4.- En las juntas que precisan en obra trabajos especiales para su ejecución (soldadura, hormigonado, retacado, etc...) el Proyectista deberá además detallar el proceso de ejecución de estas operaciones. Caso de no hacerlo la propia Administración, el contratista está obligado a someter a aquella los planos, con el detalle completo de la ejecución y características de los materiales. La Administración, previos los análisis y ensayos que estime oportunos, aceptará la propuesta o exigirá las modificaciones que considere convenientes. Entre estas juntas se encuentran las denominadas de enchufe y cordón y las juntas soldadas. En caso de no establecerse condiciones expresadas, sobre tales juntas, se tendrán en cuenta las siguientes:

a) Las juntas de enchufe y cordón podrán efectuarse en caliente y en frío. Siempre que sea posible, la copa deberá mirar hacia aguas arriba. Cuando no exista cordón en el tubo, la empaquetadura deberá tener más de una vuelta. En las junta en caliente, el material de empaquetadura podrá ser cordón de amianto, papel tratado, cordón de cáñamo, etc... todo ello libre de sustancias grasientas, aceites o alquitranes y manejados con cuidado para evitar su contaminación; se arrollará alrededor del extremo macho, procurando que el material este bien seco, y se retacará enérgicamente contra el fondo de la copa con equipo adecuado. En las juntas en caliente, la empaquetadura ocupará aproximadamente el cincuenta por ciento (50 %) de la longitud el enchufe, lo que puede ser en peso la décima parte del plomo empleado. El otro cincuenta por ciento (50 %) estará ocupado por el plomo, cuyo peso en kilogramos será aproximadamente veinte (20) veces el diámetro del tubo expresado en metros. No debe haber humedad dentro de la junta. La junta terminada se mostrará por todas las partes compacta, dura y uniforme, y se tendrá especial cuidado de no someter a esfuerzos excesivos los enchufes durante el retacado. Las juntas de enchufe y cordón en frío se efectuarán retacando en frío capas sucesivas de cordones de plomo con alma de cáñamo generalmente; las capas sucesivas no deben tener más de dos (2) centímetros de espesor. Las precauciones de retacada, sollicitaciones en los enchufes, acabados de superficie, etc... son las mismas que en las juntas en caliente. para muy altas presiones se emplearán juntas en frío, cordón para tubería de hormigón la profundidad del enchufe, como norma general, no debe ser inferior a diez (10) centímetros, y deberá tener la suficiente armadura para garantizar su integridad y la continuidad de resistencia con el tubo. cuando hayan de ser retacadas se eliminará todo peligro de tensión en el hormigón, derivado de la diferencia de rigidez simplemente de las tensiones localizadas en las proximidades de la zona retacada. A tal fin, se recomienda que la chapa de enchufe y cordón se suelde a la armadura

longitudinal, o si esta no fuese suficiente, se fije mediante soldadura a un alama de chapa embebida en la pared del tubo en una longitud no inferior a cincuenta (50) centímetros. La chapa de acero destinada a formar el enchufe o cordón de la junta debe tener la suficiente rigidez para evitar las posibles deformaciones que puedan producirse durante las operaciones de transporte, colocación y de retacada. Se prohíbe el empleo de chapa de espesor inferior a cinco (5) milímetros.

b) Las uniones soldadas serán a tope y deberán cumplir las condiciones siguientes:

1.- Perfecta coincidencia, regularidad de forma y limpieza de los extremos de los tubos. en caso de no coincidencia se podrá autorizar la colocación de manguito con doble cor'don de soldadura de ángulo en solapo.

2.- Deberá definirse el tipo de soldadura teniendo en cuenta el grosor de la chapa a soldar.

3.- Deberá limitarse la máxima anchura de soldaduras.

4.- Se elegirá el tipo de electrodo conveniente teniendo en cuenta el tipo de chapa a soldar.

Estas uniones se llevarán a cabo por personal calificado.

5.- Las soldaduras se someterán a ensayos mecánicos que aseguren una resistencia a tracción igual al menos a la resistencia nominal a la rotura de la chapa.

c) En los tubos de plástico, cuando se monte la tubería utilizando adhesivos líquidos, estos cumplirán al menos las mismas condiciones que el material que forman los tubos en cuanto a estabilidad, falta de toxicidad, sabor y olor. Se solaparán al menos una longitud igual al diámetro hasta un valor de este de cien (100) milímetros y para diámetros superiores el ochente por ciento (80 %). La adherencia se asegurará con pruebas mecánicas físicas y químicas para alcanzar siempre las cifras características que se pidieron a los tubos.

10.5.- Sujeción y apoyo en codos, derivaciones y otras piezas.

10.5.1.- Una vez montados los tubos y las piezas, se procederá a la sujeción y apoyo de los codos, cambios de dirección, reducciones, piezas de derivación y en general todos aquellos elementos que estén sometidos a acciones que puedan originar desviaciones perjudiciales.

10.5.2.- Según la importancia de los empujes, estos apoyos o sujeciones serán de hormigón o metálicos, establecidos sobre terrenos de resistencia suficiente y con el desarrollo preciso para evitar que puedan ser movidos por los esfuerzos soportados.

10.5.3.- Los apoyos, salvo prescripción expresa contraria, deberán ser colocados en forma tal que las juntas de las tuberías y de los accesorios sean accesibles para su reparación.

10.5.4.- Las barras de acero o abrazaderas metálicas que se utilicen para anclaje de la

tubería deberán ser galvanizadas o sometidas a otro tratamiento contra la oxidación, incluso pintándolas adecuadamente o embebiéndolas en hormigón

10.5.5.- Para estas sujeciones y apoyos se prohíbe en absoluto el empleo de cuñas de piedra o de madera que puedan desplazarse.

10.5.6.- Cuando las pendientes sean excesivamente fuertes o puedan producirse deslizamientos, se efectuarán los anclajes precisos de las tuberías mediante hormigón armado o abrazaderas metálicas o bloques de hormigón suficientemente cimentados en terreno firme.

10.6.- Obas de fábrica.

10.6.1.- Las obras de fábrica necesarias para alojamiento de válvulas, ventosas y otros elementos se constituirán con las dimensiones adecuadas para fácil manipulación de aquellas. Se protegerán con las tapas adecuadas de fácil manejo y de resistencia apropiada al lugar de su ubicación.

10.6.2.- Se dispondrán de tal forma que no sea necesaria su demolición para la sustitución de tubos, piezas y demás elementos. En caso de necesidad deberán tener el adecuado desagüe.

10.6.3.- Es conveniente normalizar todo lo posible los tipos y clases de estas obras de fábrica dentro de cada servicio.

10.7.- Lavado de las tuberías.

10.7.1.- Antes de ser puestas en servicio las canalizaciones deberán ser sometidas a un lavado y a un tratamiento de depuración bacteriológica adecuado. A estos efectos, la red tendrá las llaves y desagües necesarios no solo para la explotación, sino para facilitar estas operaciones.

22. PRUEBAS DE LA TUBERÍA INSTALADA.

11.1.- Pruebas preceptivas.

11.1.1.- Son preceptivas las dos pruebas siguientes de la tubería instalada en la zanja:

1.- Prueba de presión interior.

2.- Prueba de estanquidad.

El contratista proporcionará todos los elementos precisos para efectuar estas pruebas, así como el personal necesario; la Administración podrá suministrar los manómetros o equipos medidores si lo estima conveniente o comprobar los suministrados por el contratista.

11.2.- Prueba de presión interior.

11.2.1.- A medida que avance el montaje de la tubería se procederá a pruebas parciales de presión interna por tramos de longitud fijada por la Administración. Se recomienda que estos tramos tengan longitud aproximada a los quinientos (500) metros, pero en el tramo elegido la diferencia de presión entre el punto de rasante más baja y el punto de rasante más alta no excederá del diez por ciento (10 por 100) de la presión de prueba establecida en 11.2.6.

11.2.2.- Antes de empezar la prueba deben estar colocados en su posición definitiva todos los accesorios de la conducción. La zanja debe estar parcialmente rellena, dejando las juntas descubiertas.

11.2.3.- Se empezará por llenar lentamente de agua el tramo objeto de la prueba, dejando abiertos todos los elementos que puedan dar salida al aire, los cuales irán cerrando después sucesivamente de abajo hacia arriba una vez se haya comprobado que no existe aire en la conducción. A ser posible se dará entrada el agua por la parte baja, con lo cual se facilita la expulsión del aire por la parte alta. Si esto no fuera posible, el llenado se hará aún más lentamente para evitar que quede aire en la tubería. En el punto más alto se colocará un grifo de purga para expulsión del aire y para comprobar que todo el interior del tramo objeto de la prueba se encuentra comunicado en la forma debida.

11.2.4.- La bomba para la presión hidráulica podrá ser manual o mecánica, pero en este último caso deberá estar provista de llaves de descarga o elementos apropiados para poder regular el aumento de presión. Se colocará en el punto más bajo de la tubería que se va a ensayar y estará provista de dos manómetros, de los cuales uno de ellos será proporcionado por la Administración o previamente comprobado por la misma.

11.2.5.- Los puntos extremos del trozo que se quiere probar se cerrarán convenientemente con piezas especiales que se apuntalarán para evitar deslizamientos de las mismas o fugas de agua, y que deben ser fácilmente desmontables para poder continuar el montaje de la tubería. Se comprobará cuidadosamente que las llaves intermedias en el tramo en prueba, de existir, se encuentren bien abiertas. Los cambios de dirección, piezas especiales, etc... deberán estar anclados y sus fábricas con la resistencia debida.

11.2.6.- La presión interior de prueba en zanja de la tubería será tal que se alcance en el punto más bajo del tramo en prueba una con cuatro (1,4) veces la presión máxima de trabajo en el punto de más presión, según se define en 1.4.4. La presión se hará subir lentamente de forma que el incremento de la misma no supere un (1) kilogramo por centímetro cuadrado y minuto.

11.2.7.- Una vez obtenida la presión, se parará durante treinta minutos, y se considerará satisfactoria cuando durante este tiempo el manómetro no acuse un descenso superior a raíz cuadrada de p quintos, siendo p la presión de prueba en zanja en kilogramos por centímetro cuadrado. Cuando el descenso del manómetro sea superior, se corregirán los defectos observados repasando las juntas que pierden agua, combinando si es preciso algún tubo, de forma que al final se consiga que el descenso de presión no sobrepase la magnitud indicada.

11.2.8.- En el caso de tuberías de hormigón y de amianto-cemento, previamente a la

prueba de presión se tendrá la tubería llena de agua, al menos veinticuatro (24) horas.

11.2.9.- En casos muy especiales en los que la escasez de agua u otras causas hagan difícil el llenado de la tubería durante el montaje, el contratista podrá proponer, razonadamente, la utilización de otro sistema especial que permita probar las juntas con idéntica seguridad. La Administración podrá rechazar el sistema de prueba propuesto si considera que no ofrece suficiente garantía.

11.3.- Prueba de estanquidad.

11.3.1.- Después de haberse completado satisfactoriamente la prueba de presión interior, deberá realizarse la de estanquidad.

11.3.2.- La presión de prueba de estanquidad será la máxima estática que exista en el tramo de la tubería objeto de la prueba.

11.3.3.- La pérdida se define como la cantidad de agua que debe suministrarse al tramo de tubería en prueba mediante un bombín tarado, de forma que se mantenga la presión de prueba de estanquidad después de haber llenado la tubería de agua y haberse expulsado el aire.

11.3.4.- La duración de la prueba de estanquidad será de dos horas, y la pérdida en este tiempo será inferior al valor dado por la fórmula:

$$V = K L D$$

en la cual:

V = pérdida total en la prueba en litros.

L = longitud del tramo objeto de la prueba, en metros.

D = Diámetro interior, en metros.

K = coeficiente dependiente del material.

Según la siguiente tabla:

Hormigón en masa	K = 1,000
Hormigón armado con o sin camisa	K = 0,400
Hormigón pretensado	K = 0,250
Fibro cemento	K = 0,350
Fundición	K = 0,300
Acero	K = 0,350
Plástico	K = 0,350

11.3.5.- De todas formas, cualesquiera que sean las pérdidas fijadas, si éstas son sobrepasadas, el contratista, a sus expensas, repasará todas las juntas y tubos

defectuosos; asimismo viene obligado a reparar cualquier pérdida de agua apreciable, aún cuando el total sea inferior al admisible.

13.2. PARTE ELECTRICA

Este Pliego de Condiciones determina los requisitos a que se debe ajustar la ejecución de instalaciones para la distribución de energía eléctrica cuyas características técnicas estarán especificadas en el correspondiente Proyecto.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

Este Pliego de Condiciones se refiere a la construcción de redes subterráneas de baja tensión. Los Pliegos de Condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

3. DISPOSICIONES GENERALES.

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 “Contratación de Obras. Condiciones Generales”, siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

3.1. CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES.

Las obras del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se regirán por lo especificado en:

- a) Reglamentación General de Contratación según Decreto 3410/75, de 25 de noviembre.
- b) Pliego de Condiciones Generales para la Contratación de Obras Públicas aprobado por Decreto 3854/70, de 31 de diciembre.
- c) Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos que sea procedente su aplicación al contrato de que se trate.
- d) Decreto de 12 de marzo de 1954 por el que se aprueba el Reglamento de Verificaciones eléctricas y Regularidad en el suministro de energía.
- e) Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, así como las Ordenes de 6 de julio de 1984, de 18 de octubre de 1984 y de 27 de noviembre de 1987, por las que se aprueban y actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento.
- f) Real Decreto 3151/1968 de 28 de Noviembre, por el que se aprueba el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.
- g) Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora, E.R.Z.S.A.
- h) Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos laborales y RD 162/97 sobre Disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.
- i) Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Decreto 2413/1973 de 20 de septiembre, B.O.E. nº 242 de fecha 9 de octubre de 1.973 y Real Decreto 2295/1985 de 9 de octubre, B.O.E. nº 279 de 12 de diciembre de 1985).

3.2. SEGURIDAD EN EL TRABAJO.

El Contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican en el apartado “h” del párrafo 3.1. de este Pliego de Condiciones y cuantas en esta materia

fueran de pertinente aplicación.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso de objetos de metal; los metros, útiles limpiadores, etc., que se utilicen no deben ser de material conductor.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, banqueta aislante, etc., pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

3.3. SEGURIDAD PÚBLICA.

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc., que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

4. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO.

El Contratista ordenará los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución y las obras se harán siguiendo las indicaciones del Director de Obra, con las condiciones siguientes:

4.1. DATOS DE LA OBRA.

Se entregará al Contratista una copia de los planos y pliegos de condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la Obra.

En un plazo máximo de dos meses, después de la terminación de los trabajos, el Contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos existentes, entregando al Director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados. No se harán por el Contratista alteraciones, omisiones o variaciones sustanciales en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del Director de Obra.

4.2. REPLANTEO DE LA OBRA.

El Director de Obra, una vez que el Contratista esté en posesión del Proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de las mismas, entregando al Contratista las referencias y datos necesarios para fijar completamente la ubicación de los mismos. Se levantará por duplicado Acta, en la que constarán los datos entregados, firmado por el Director de Obra y por el representante del Contratista.

4.3. MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO.

No se considerarán como mejoras ni variaciones del Proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por escrito por el Director de Obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

4.4. RECEPCIÓN DEL MATERIAL.

El Director de Obra de acuerdo con el Contratista dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta.

4.5. ORGANIZACIÓN.

El Contratista actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades correspondientes y quedando obligado al pago de los salarios que legalmente están establecidos y a todo cuanto se legisle u ordene sobre el particular antes o durante la ejecución de la obra. Dentro de lo estipulado en el Pliego de Condiciones, la organización de la Obra, así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del Contratista a quien corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

4.6. FACILIDADES PARA LA INSPECCIÓN.

El Contratista proporcionará al Director de Obra o Delegados y colaboradores, toda clase de facilidades para los replanteos, reconocimientos, mediciones y pruebas de los materiales, así como la mano de obra necesaria para los trabajos que tengan por objeto comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas, permitiendo el acceso a todas las partes de la obra e incluso a los talleres o fábricas donde se produzcan los materiales o se realicen trabajos para las obras.

4.7. ENSAYOS.

Los ensayos, análisis y pruebas que deban realizarse para comprobar si los materiales reúnen las condiciones exigibles, se verificarán por la Dirección Técnica, o bien, si ésta lo estima oportuno, por el correspondiente Laboratorio Oficial.

4.8. LIMPIEZA Y SEGURIDAD EN LAS OBRAS.

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus inmediaciones de escombros y materiales, y hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean precisas, así como adoptar las medidas y ejecutar los trabajos necesarios para que las obras ofrezcan un buen aspecto a juicio de la Dirección técnica.

4.9. MEDIOS AUXILIARES.

No se abonarán en concepto de medios auxiliares más cantidades que las que figuren explícitamente consignadas en presupuesto, entendiéndose que en todos los demás casos el costo de dichos medios está incluido en los correspondientes precios del presupuesto.

4.10. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

Las obras se ejecutarán conforme al Proyecto y a las condiciones contenidas en este Pliego de Condiciones y en el Pliego Particular si lo hubiera y de acuerdo con las especificaciones de las Condiciones Técnicas. El Contratista, salvo aprobación por escrito del Director de Obra, no podrá hacer ninguna modificación de cualquier naturaleza tanto en la ejecución de la obra en relación con el Proyecto como en las Condiciones Técnicas especificadas.

El Contratista deberá tener al frente de los trabajos un técnico suficientemente especializado a juicio del Director de Obra.

4.11. SUBCONTRATACIÓN DE LAS OBRAS.

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que de su naturaleza y condiciones se deduzca que la Obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, podrá éste concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra. La celebración de los subcontratos estará sometida a los siguientes requisitos:

a) Que se dé conocimiento por escrito al Director de Obra del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, para que lo autorice.

b) Que las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros no exceda del 50% del presupuesto total de la obra principal.

4.12. PLAZO DE EJECUCIÓN.

Los plazos de ejecución, total y parciales, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo. El Contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

4.13. RECEPCIÓN PROVISIONAL.

Una vez terminadas las obras y a los quince días siguientes a la petición del Contratista se hará la recepción provisional de las mismas por el Contratante, requiriendo para ello la presencia del Director de Obra y del representante del Contratista, levantándose la correspondiente Acta, donde se hará constar la conformidad

con los trabajos realizados. De no hallarse la Obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta y se darán al Contratista las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución.

4.14. PERIODOS DE GARANTÍA.

El periodo de garantía será el señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción.

4.15. RECEPCIÓN DEFINITIVA.

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del Director de Obra y del representante del Contratista levantándose el Acta correspondiente, que quedará firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista y ratificada por el Contratante y el Contratista.

4.16. PAGO DE OBRAS.

El pago de obras realizadas se hará sobre Certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran. La relación valorada que figure en las Certificaciones, se hará con arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

El Director de Obra expedirá las Certificaciones de las obras ejecutadas que tendrán carácter de documentos provisionales rectificables, no suponiendo por otra parte, aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas

Certificaciones.

4.17. ABONO DE MATERIALES ACOPIADOS.

Cuando a juicio del Director de Obra no haya peligro de que desaparezca o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles, se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación. Dicho material será indicado por el Director de Obra que lo reflejará en el Acta de recepción de Obra, señalando el plazo de entrega en los lugares previamente indicados. El Contratista será responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material.

5. DISPOSICIÓN FINAL.

La concurrencia a cualquier Subasta, Concurso o Concurso-Subasta cuyo Proyecto incluya el presente Pliego de Condiciones Generales, supone la aceptación de todas las cláusulas.

CONDICIONES TECNICAS BAJA TENSION

1. CONDICIONES GENERALES.

Todos los materiales a emplear en la presente instalación serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y demás disposiciones vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

Todos los materiales podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya

sido especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección Técnica, bien entendiendo que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la instalación.

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa, no pudiendo, por tanto, servir de pretexto al contratista la baja en subasta, para variar esa esmerada ejecución ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

2. CANALIZACIONES ELECTRICAS

Los cables se colocarán dentro de tubos, rígidos o flexibles, o sobre bandejas o canales, según se indica en Memoria, Planos y Mediciones.

Antes de iniciar el tendido de la red de distribución, deberán estar ejecutados los elementos estructurales que hayan de soportarla o en los que vaya a ser empotrada: forjados, tabiquería, etc. Salvo cuando al estar previstas se hayan dejado preparadas las necesarias canalizaciones al ejecutar la obra previa, deberá replantearse sobre ésta en forma visible la situación de las cajas de mecanismos, de registro y protección, así como el recorrido de las líneas, señalando de forma conveniente la naturaleza de cada elemento.

2.1. INSTALACIONES EN BANDEJA.

Las bandejas se dimensionarán de tal manera que la distancia entre cables sea igual o superior al diámetro del cable más grande. El material usado para la fabricación será acero laminado de primera calidad, galvanizado por inmersión. La anchura de las canaletas será de 100 mm como mínimo, con incrementos de 100 en 100 mm. La longitud de los tramos rectos será de dos metros. El fabricante indicará en su catálogo la carga máxima admisible, en N/m, en función de la anchura y de la distancia entre soportes. Todos los accesorios, como codos, cambios de plano, reducciones, tes, uniones, soportes, etc, tendrán la misma calidad que la bandeja.

Las bandejas y sus accesorios se sujetarán a techos y paramentos mediante herrajes de suspensión, a distancias tales que no se produzcan flechas superiores a 10 mm y estarán perfectamente alineadas con los cerramientos de los locales.

No se permitirá la unión entre bandejas o la fijación de las mismas a los soportes por medio de soldadura, debiéndose utilizar piezas de unión y tornillería cadmiada. Para las uniones o derivaciones de líneas se utilizarán cajas metálicas que se fijarán a las bandejas.

2.2. INSTALACIONES BAJO TUBO.

Los tubos usados en la instalación podrán ser de los siguientes tipos:

- De acero roscado galvanizado, resistente a golpes, rozaduras, humedad y todos los agentes atmosféricos no corrosivos, provistos de rosca Pg según DIN 40430. Serán adecuados para su doblado en frío por medio de

una herramienta dobladora de tubos. Ambos extremos de tubo serán roscados, y cada tramo de conducto irá provisto de su manguito. El interior de los conductos será liso, uniforme y exento de rebabas. Se utilizarán, como mínimo, en las instalaciones con riesgo de incendio o explosión, como aparcamientos, salas de máquinas, etc y en instalaciones en montaje superficial con riesgo de graves daños mecánicos por impacto con objetos o utensilios.

- De policloruro de vinilo rígido roscado que soporte, como mínimo, una temperatura de 60° C sin deformarse, del tipo no propagador de la llama, con grado de protección 3 o 5 contra daños mecánicos. Este tipo de tubo se utilizará en instalaciones vistas u ocultas, sin riesgo de graves daños mecánicos debidos a impactos.
- De policloruro de vinilo flexible, estanco, estable hasta la temperatura de 60 °C, no propagador de las llamas y con grado de protección 3 o 5 contra daños mecánicos. A utilizar en conducciones empotradas o en falsos techos.

Para la colocación de las canalizaciones se tendrán en cuenta las prescripciones ITC BT 19, ITC BT 20 y ITC BT 21.

El dimensionado de los tubos protectores se hará de acuerdo a la MIE BT 019, tabla I, tabla II, tabla III, tabla IV y tabla V. Para más de 5 conductores por tubo o para conductores de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, la sección interior de éste será, como mínimo, igual a tres veces la sección total ocupada por los conductores.

Como norma general, un tubo protector sólo contendrá conductores de un mismo y único circuito, no obstante, podrá contener conductores pertenecientes a circuitos diferentes si todos los conductores están aislados para la máxima tensión de servicio, todos los circuitos parten del mismo interruptor general de mando y protección, sin interposición de aparatos que transformen la corriente, y cada circuito está protegido por separado contra las sobreintensidades.

Se evitarán siempre que sea posible los codos e inflexiones. No obstante, cuando sean necesarios se efectuarán por medio de herramienta dobladora de tubos a mano o con máquina dobladora. La suma de todas las curvas en un mismo tramo de conducto no excederá de 270°. Si un tramo de conducto precisase la implantación de codos cuya suma total exceda de 270°, se instalarán cajas de paso o tiro en el mismo. Todos los cortes serán escuadrados al objeto de que el conducto pueda adosarse firmemente a todos los accesorios. No se permitirán hilos de rosca al descubierto.

Para la ejecución de la instalación, bajo tubo protector, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado se hará siguiendo líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes y que en tramos rectos no estarán separados entre si más de 15 m.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de materia aislante. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será igual, por lo menos, a una vez y media el diámetro del tubo mayor, con un mínimo de 40 mm; el lado o diámetro de la caja será de al menos 80 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas adecuados. En ningún caso se permitirá la unión de conductores, como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse

siempre utilizando bornes de conexión.

- Cuando los tubos estén constituidos por materias susceptibles de oxidación se aplicará a las partes mecanizadas pinturas antioxidantes. Igualmente, en el caso de utilizar tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en el interior de los mismos.

Cuando los tubos se coloquen empotrados se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- La instalación de tubos normales será admisible cuando su puesta en obra se efectúe después de terminados los trabajos de construcción y de enfoscado de paredes y techos, pudiendo el enlucido de los mismos aplicarse posteriormente.
- Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 cm de espesor, como mínimo, del revestimiento de las paredes o techos.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de cajas de registro.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra, quedando enrasadas con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo.
- Es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 cm, como máximo, de suelo o techos, y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 cm.
- Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:
- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,80 m para tubos rígidos y de 0,60 m para tubos flexibles. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección y de los empalmes y en la proximidad

inmediata de las entradas en cajas o aparatos.

- Los tubos se colocarán adaptándolos a la superficie sobre la que se instalan, curvándolos o usando los accesorios necesarios.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo con respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
- Es conveniente disponer los tubos normales, siempre que sea posible a una altura mínima de 2,50 m sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

El paso de las canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, se realizará de acuerdo a las siguientes prescripciones:

- En toda la longitud de los pasos no se dispondrán empalmes o derivaciones de conductores, y estarán suficientemente protegidos contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.
- Si la longitud de paso excede de 20 cm se dispondrán tubos blindados.

Para la colocación de tubos protectores se tendrán en cuenta, además, las tablas de la Instrucción ITC BT 21.

2.3. NORMAS DE INSTALACION EN PRESENCIA DE OTRAS CANALIZACIONES NO ELECTRICAS.

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia de 3 cm, por lo menos.

En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, o de humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa, y por consiguiente, se mantendrán separadas por una

distancia mínima de 150 mm o por medio de pantallas calorífugas.

Como norma general, las canalizaciones eléctricas no se situarán paralelamente por debajo de otras que puedan dar lugar a condensaciones.

2.4. ACCESIBILIDAD A LAS INSTALACIONES.

Las canalizaciones eléctricas se dispondrán de manera que en cualquier momento se pueda controlar su aislamiento, localizar y separar las partes averiadas y, llegado el caso, reemplazar fácilmente los conductores deteriorados.

Se adoptarán las precauciones necesarias para evitar el aplastamiento de suciedad, yeso u hojarasca en el interior de los conductos, tubos, accesorios y cajas durante la instalación. Los tramos de conductos que hayan quedado taponados se limpiarán perfectamente hasta dejarlos libres de dichas acumulaciones, o se sustituirán conductos que hayan sido aplastados o deformados.

3. CONDUCTORES.

3.1. MATERIALES.

Los conductores serán de los siguientes tipos:

- De 750 V de tensión nominal.
 - o Conductor: de cobre.
 - o Formación: unipolares.
 - o Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC).
 - o Tensión de prueba: 2.500 V.
 - o Instalación: bajo tubo.
 - o Normativa de aplicación: UNE 20.031 y ITC BT 19.

- De 1000 V de tensión nominal.
 - o Conductor: de cobre (o de aluminio, cuando lo requieran las especificaciones del proyecto).
 - o Formación: uni-bi-tri-tetrapolares.
 - o Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC) o polietileno reticulado (XLPE).
 - o Tensión de prueba: 4.000 V.
 - o Instalación: al aire o en bandeja.
 - o Normativa de aplicación: UNE 21.123, ITC BT 06 y ITC BT 07.

Los conductores de cobre electrolítico se fabricarán de calidad y resistencia mecánica uniforme, y su coeficiente de resistividad a 20 °C será del 98 % al 100 %. Irán provistos de baño de recubrimiento de estaño, que deberá resistir la siguiente prueba: A una muestra limpia y seca de hilo estañado se le da la forma de círculo de diámetro equivalente a 20 o 30 veces el diámetro del hilo, a continuación de lo cual se sumerge durante un minuto en una solución de ácido hidrociorídrico de 1,088 de peso específico a una temperatura de 20 °C. Esta operación se efectuará dos veces, después de lo cual no deberán apreciarse puntos negros en el hilo. La capacidad mínima del aislamiento de los conductores será de 500 V.

Los conductores de sección igual o superior a 6 mm² deberán estar constituidos por cable obtenido por trenzado de hilo de cobre del diámetro correspondiente a la sección del conductor de que se trate.

3.2. DIMENSIONADO.

Para la selección de los conductores activos del cable adecuado a cada carga se usará el más desfavorable entre los siguientes criterios:

- Intensidad máxima admisible. Como intensidad se tomará la propia de cada carga. Partiendo de las intensidades nominales así establecidas, se elegirá la sección del cable que admita esa intensidad de acuerdo a las prescripciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión ITC BT 06, ITC BT 07 y ITC BT 19 o las recomendaciones del fabricante, adoptando los oportunos coeficientes correctores según las condiciones de la instalación. En cuanto a coeficientes de mayoración de la carga, se deberán tener presentes las Instrucciones ITC BT 44 para receptores de alumbrado y ITC BT 47 para receptores de motor.
- Caída de tensión en servicio. La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, sea menor del 3 % de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado, y del 5 % para los demás usos, considerando alimentados todos los receptores susceptibles de funcionar simultáneamente.
- Caída de tensión transitoria. La caída de tensión en todo el sistema durante el arranque de motores no debe provocar condiciones que impidan el arranque de los mismos, desconexión de los contactores, parpadeo de alumbrado, etc.

La sección del conductor neutro será la especificada en la Instrucción ITC BT 07, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación.

Los conductores de protección serán del mismo tipo que los conductores activos especificados en el apartado anterior, y tendrán una sección mínima igual a la fijada por la tabla 2 de la Instrucción ITC BT 19, en función de la sección de los conductores de

fase o polares de la instalación. Se podrán instalar por las mismas canalizaciones que éstos o bien en forma independiente, siguiéndose a este respecto lo que señalen las normas particulares de la empresa distribuidora de la energía.

3.3. IDENTIFICACION DE LAS INSTALACIONES.

Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que por conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

Como norma general, todos los conductores de fase o polares se identificarán por un color negro, marrón o gris, el conductor neutro por un color azul claro y los conductores de protección por un color amarillo-verde.

3.4. RESISTENCIA DE AISLAMIENTO Y RIGIDEZ DIELECTRICA.

Las instalación deberá presentar una resistencia de aislamiento por lo menos igual a $1.000 \times U$, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, con un mínimo de 250.000 ohmios.

La rigidez dieléctrica ha de ser tal, que desconectados los aparatos de utilización, resista durante 1 minuto una prueba de tensión de $2U + 1.000$ voltios, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios y con un mínimo de 1.500 voltios.

4. CAJAS DE EMPALME.

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material plástico resistente incombustible o metálicas, en cuyo caso estarán aisladas

interiormente y protegidas contra la oxidación. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será igual, por lo menos, a una vez y media el diámetro del tubo mayor, con un mínimo de 40 mm; el lado o diámetro de la caja será de al menos 80 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas adecuados. En ningún caso se permitirá la unión de conductores, como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión.

Los conductos se fijarán firmemente a todas las cajas de salida, de empalme y de paso, mediante contratuercas y casquillos. Se tendrá cuidado de que quede al descubierto el número total de hilos de rosca al objeto de que el casquillo pueda ser perfectamente apretado contra el extremo del conducto, después de lo cual se apretará la contratuerca para poner firmemente el casquillo en contacto eléctrico con la caja.

Los conductos y cajas se sujetarán por medio de pernos de fiador en ladrillo hueco, por medio de pernos de expansión en hormigón y ladrillo macizo y clavos Split sobre metal. Los pernos de fiador de tipo tornillo se usarán en instalaciones permanentes, los de tipo de tuerca cuando se precise desmontar la instalación, y los pernos de expansión serán de apertura efectiva. Serán de construcción sólida y capaces de resistir una tracción mínima de 20 kg. No se hará uso de clavos por medio de sujeción de cajas o conductos.

5. MECANISMOS Y TOMAS DE CORRIENTE.

Los tubos serán de poliéster y se colocarán para que no dañen a los cables y queden fijos a la columna, poste u obra de fábrica, sin molestar el tránsito de la zona, con 0,50 m. bajo el nivel del terreno, y 2,50 m. sobre él. El engrapado del cable se hará en tramos de uno o dos metros.

El taponado del tubo será hermético y se hará con un capuchón de protección de neopreno o en su defecto, con cinta adhesiva o de relleno.

6. APARAMENTA DE MANDO Y PROTECCION.

6.1. CUADROS ELECTRICOS.

Todos los cuadros eléctricos serán nuevos y se entregarán en obra sin ningún defecto. Estarán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

Cada circuito en salida de cuadro estará protegido contra las sobrecargas y cortocircuitos. La protección contra corrientes de defecto hacia tierra se hará por circuito o grupo de circuitos según se indica en el proyecto, mediante el empleo de interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada, según ITC BT 24.

Los cuadros serán adecuados para trabajo en servicio continuo. Las variaciones máximas admitidas de tensión y frecuencia serán del + 5 % sobre el valor nominal.

Los cuadros serán diseñados para servicio interior, completamente estancos al polvo y la humedad, ensamblados y cableados totalmente en fábrica, y estarán constituidos por una estructura metálica de perfiles laminados en frío, adecuada para el montaje sobre el suelo, y paneles de cerramiento de chapa de acero de fuerte espesor, o de cualquier otro material que sea mecánicamente resistente y no inflamable.

Alternativamente, la cabina de los cuadros podrá estar constituida por módulos de material plástico, con la parte frontal transparente.

Las puertas estarán provistas con una junta de estanquidad de neopreno o material similar, para evitar la entrada de polvo.

Todos los cables se instalarán dentro de canaletas provista de tapa desmontable. Los cables de fuerza irán en canaletas distintas en todo su recorrido de las canaletas para los cables de mando y control.

Los aparatos se montarán dejando entre ellos y las partes adyacentes de otros elementos una distancia mínima igual a la recomendada por el fabricante de los aparatos, en cualquier caso nunca inferior a la cuarta parte de la dimensión del aparato en la dirección considerada.

La profundidad de los cuadros será de 500 mm y su altura y anchura la necesaria para la colocación de los componentes e igual a un múltiplo entero del módulo del fabricante. Los cuadros estarán diseñados para poder ser ampliados por ambos extremos.

Los aparatos indicadores (lámparas, amperímetros, voltímetros, etc), dispositivos de mando (pulsadores, interruptores, conmutadores, etc), paneles sinópticos, etc, se montarán sobre la parte frontal de los cuadros.

Todos los componentes interiores, aparatos y cables, serán accesibles desde el exterior por el frente.

El cableado interior de los cuadros se llevará hasta una regleta de bornas situada

junto a las entradas de los cables desde el exterior.

Las partes metálicas de la envoltura de los cuadros se protegerán contra la corrosión por medio de una imprimación a base de dos manos de pintura anticorrosiva y una pintura de acabado de color que se especifique en las Mediciones o, en su defecto, por la Dirección Técnica durante el transcurso de la instalación.

La construcción y diseño de los cuadros deberán proporcionar seguridad al personal y garantizar un perfecto funcionamiento bajo todas las condiciones de servicio, y en particular:

- Los compartimentos que hayan de ser accesibles para accionamiento o mantenimiento estando el cuadro en servicio no tendrán piezas en tensión al descubierto.
- El cuadro y todos sus componentes serán capaces de soportar las corrientes de cortocircuito (kA) según especificaciones reseñadas en planos y mediciones.

6.2. INTERRUPTORES AUTOMATICOS.

En el origen de la instalación y lo más cerca posible del punto de alimentación a la misma, se colocará el cuadro general de mando y protección, en el que se dispondrá un interruptor general de corte omnipolar, así como dispositivos de protección contra sobreintensidades de cada uno de los circuitos que parten de dicho cuadro.

La protección contra sobreintensidades para todos los conductores (fases y neutro) de cada circuito se hará con interruptores magnetotérmicos o automáticos de corte omnipolar, con curva térmica de corte para la protección a sobrecargas y sistema de corte electromagnético para la protección a cortocircuitos.

En general, los dispositivos destinados a la protección de los circuitos se instalarán en el origen de éstos, así como en los puntos en que la intensidad admisible disminuya por cambios debidos a sección, condiciones de instalación, sistema de ejecución o tipo de conductores utilizados. No obstante, no se exige instalar dispositivos de protección en el origen de un circuito en que se presente una disminución de la intensidad admisible en el mismo, cuando su protección quede asegurada por otro dispositivo instalado anteriormente.

Los interruptores serán de ruptura al aire y de disparo libre y tendrán un indicador de posición. El accionamiento será directo por polos con mecanismos de cierre por energía acumulada. El accionamiento será manual o manual y eléctrico, según se indique en el esquema o sea necesario por necesidades de automatismo. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominales de funcionamiento, así como el signo indicador de su desconexión.

El interruptor de entrada al cuadro, de corte omnipolar, será selectivo con los interruptores situados aguas abajo, tras él.

Los dispositivos de protección de los interruptores serán relés de acción directa.

6.3. GUARDAMOTORES.

Los contactores guardamotores serán adecuados para el arranque directo de motores, con corriente de arranque máxima del 600 % de la nominal y corriente de desconexión igual a la nominal.

La longevidad del aparato, sin tener que cambiar piezas de contacto y sin mantenimiento, en condiciones de servicio normales (conecta estando el motor parado y

desconecta durante la marcha normal) será de al menos 500.000 maniobras.

La protección contra sobrecargas se hará por medio de relés térmicos para las tres fases, con rearme manual accionable desde el interior del cuadro.

En caso de arranque duro, de larga duración, se instalarán relés térmicos de característica retardada. En ningún caso se permitirá cortocircuitar el relé durante el arranque.

La verificación del relé térmico, previo ajuste a la intensidad nominal del motor, se hará haciendo girar el motor a plena carga en monofásico; la desconexión deberá tener lugar al cabo de algunos minutos.

Cada contactor llevará dos contactos normalmente cerrados y dos normalmente abiertos para enclavamientos con otros aparatos.

6.4. FUSIBLES.

Los fusibles serán de alta capacidad de ruptura, limitadores de corriente y de acción lenta cuando vayan instalados en circuitos de protección de motores.

Los fusibles de protección de circuitos de control o de consumidores óhmicos serán de alta capacidad ruptura y de acción rápida.

Se dispondrán sobre material aislante e incombustible, y estarán contruidos de tal forma que no se pueda proyectar metal al fundirse. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominales de trabajo.

No serán admisibles elementos en los que la reposición del fusible pueda suponer un peligro de accidente. Estará montado sobre una empuñadura que pueda ser retirada fácilmente de la base.

6.5. INTERRUPTORES DIFERENCIALES.

La protección contra contactos directos se asegurará adoptando las siguientes medidas:

- Alejamiento de las partes activas (en tensión) de la instalación a una distancia tal del lugar donde las personas habitualmente se encuentran o circulan, que sea imposible un contacto fortuito con las manos (2,50 m hacia arriba, 1,00 m lateralmente y 1,00 m hacia abajo).
- Interposición de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas. Estos deben estar fijados de forma segura y resistir los esfuerzos mecánicos usuales que pueden presentarse.
- Recubrimiento de las partes activas por medio de un aislamiento apropiado, capaz de conservar sus propiedades con el tiempo, y que limite la corriente de contacto a un valor no superior a 1 mA.

La protección contra contactos indirectos se asegurará adoptando el sistema de clase B "Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto", consistente en poner a tierra todas las masas, mediante el empleo de conductores de protección y electrodos de tierra artificiales, y asociar un dispositivo de corte automático sensible a la intensidad de defecto, que origine la desconexión de la instalación defectuosa (interruptor diferencial de sensibilidad adecuada, preferiblemente 30 mA). La elección de la sensibilidad del interruptor diferencial "I" que debe utilizarse en cada caso, viene determinada por la condición de que el valor de la resistencia de tierra de las masas R , debe cumplir la relación:

$R \leq 50 / I$, en locales secos.

$R \leq 24 / I$, en locales húmedos o mojados.

6.6. SECCIONADORES.

Los seccionadores en carga serán de conexión y desconexión brusca, ambas independientes de la acción del operador.

Los seccionadores serán adecuados para servicio continuo y capaces de abrir y cerrar la corriente nominal a tensión nominal con un factor de potencia igual o inferior a 0,7.

6.7. EMBARRADOS.

El embarrado principal constará de tres barras para las fases y una, con la mitad de la sección de las fases, para el neutro. La barra de neutro deberá ser seccionable a la entrada del cuadro.

Las barras serán de cobre electrolítico de alta conductividad y adecuadas para soportar la intensidad de plena carga y las corrientes de cortocircuito que se especifiquen en memoria y planos.

Se dispondrá también de una barra independiente de tierra, de sección adecuada para proporcionar la puesta a tierra de las partes metálicas no conductoras de los aparatos, la carcasa del cuadro y, si los hubiera, los conductores de protección de los cables en salida.

6.8. PRENSAESTOPAS Y ETIQUETAS.

Los cuadros irán completamente cableados hasta las regletas de entrada y salida.

Se proveerán prensaestopas para todas las entradas y salidas de los cables del cuadro; los prensaestopas serán de doble cierre para cables armados y de cierre sencillo para cables sin armar.

Todos los aparatos y bornes irán debidamente identificados en el interior del cuadro mediante números que correspondan a la designación del esquema. Las etiquetas serán marcadas de forma indeleble y fácilmente legible.

En la parte frontal del cuadro se dispondrán etiquetas de identificación de los circuitos, constituidas por placas de chapa de aluminio firmemente fijadas a los paneles frontales, impresas al horno, con fondo negro mate y letreros y zonas de estampación en aluminio pulido. El fabricante podrá adoptar cualquier solución para el material de las etiquetas, su soporte y la impresión, con tal de que sea duradera y fácilmente legible.

En cualquier caso, las etiquetas estarán marcadas con letras negras de 10 mm de altura sobre fondo blanco.

7. RECEPTORES DE ALUMBRADO.

Los portalámparas destinados a lámparas de incandescencia deberán resistir la corriente prevista, y llevarán la indicación correspondiente a la tensión e intensidad nominales para las que han sido diseñados.

Se prohíbe colgar la armadura y globos de las lámparas utilizando para ello los conductores que llevan la corriente a los mismos. El elemento de suspensión, caso de ser metálico, deberá estar aislado de la armadura.

Los circuitos de alimentación a lámparas o tubos de descarga estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas. La carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de los receptores. El conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.

Todas las partes bajo tensión, así como los conductores, aparatos auxiliares y los propios receptores, excepto las partes que producen o transmiten la luz, estarán protegidas por adecuadas pantallas o envolturas aislantes o metálicas puestas a tierra.

Los aparatos de alumbrado tipo fluorescencia se suministrarán completos con cebadores, reactancias, condensadores y lámparas.

Todos los aparatos deberán tener un acabado adecuado resistente a la corrosión en todas sus partes metálicas y serán completos con portalámparas y accesorios cableados. Los portalámparas para lámparas incandescentes serán de una pieza de porcelana, baquelita o material aislante. Cuando sea necesario el empleo de unidad montada el sistema mecánico del montaje será efectivo, no existirá posibilidad de que los componentes del conjunto se muevan cuando se enrosque o desenrosque una lámpara. Las reactancias para lámparas fluorescentes suministrarán un voltaje suficiente alto para producir el cebado y deberán limitar la corriente a través del tubo a un valor de seguridad predeterminado.

Las reactancias y otros dispositivos de los aparatos fluorescentes serán de construcción robusta, montados sólidamente y protegidos convenientemente contra la corrosión. Las reactancias y otros dispositivos serán desmontables sin necesidad de

desmontar todo el aparato.

El cableado en el interior de los aparatos se efectuará esmeradamente y en forma que no se causen daños mecánicos a los cables. Se evitará el cableado excesivo. Los conductores se dispondrán de forma que no queden sometidos a temperaturas superiores a las designadas para los mismos. Las dimensiones de los conductores se basarán en el voltaje y potencia de la lámpara, pero en ningún caso será de dimensiones inferiores a 1 mm². El aislamiento será plástico o goma. No se emplearán soldaduras en la construcción de los aparatos, que estarán diseñados de forma que los materiales combustibles adyacentes no puedan quedar sometidos a temperaturas superiores a 90°.

Los aparatos a pruebas de intemperie serán de construcción sólida, capaces de resistir sin deterioro la acción de la humedad e impedirán el paso de ésta en su interior.

Las lámparas incandescentes serán del tipo para usos generales de filamento de tungsteno.

Los tubos fluorescentes serán de base media de dos espigas, blanco, frío normal. Los tubos de 40 W tendrán una potencia de salida de 2.900 lumens, como mínimo, y la potencia de los tubos de 20 W será aproximadamente de 1.080 lumens.

8. RECEPTORES A MOTOR.

Los motores estarán contruidos o se instalarán de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125 por 100 de la intensidad a plena carga del motor en cuestión y si alimentan a varios motores, deberán estar dimensionados para una intensidad no menor a la suma del 125 por 100 de la intensidad

a plena carga del motor de mayor potencia más la intensidad a plena carga de los demás.

Los motores estarán protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, siendo de tal naturaleza que cubran, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases.

En el caso de motores con arranque estrella-triángulo la protección asegurará a los circuitos, tanto para conexión de estrella como para la de triángulo.

Las características de los dispositivos de protección estarán de acuerdo con las de los motores a proteger y con las condiciones de servicio previstas para éstos, debiendo seguirse las indicaciones dadas por el fabricante de los mismos.

Los motores estarán protegidos contra la falta de tensión por un dispositivos de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia de un restablecimiento de la tensión, puede provocar accidentes, oponerse a dicho establecimiento o perjudicar el motor.

En general, los motores de potencia superior a 0,75 kW estarán provistos de reóstatos de arranque o dispositivos equivalentes que no permitan que la relación de corriente entre el periodo de arranque y el de marcha normal que corresponda a su plena carga, según las características del motor que debe indicar su placa, sea superior a la señalada en el cuadro siguiente:

De 0,75 kW a 1,5 kW: 4,5

De 1,50 kW a 5 kW: 3,0

De 5 kW a 15 kW: 2

De más de 15 kW: 1,5

Todos los motores de potencia superior a 5 kW tendrán seis bornes de conexión, con tensión de la red correspondiente a la conexión en triángulo del bobinado (motor de 230/400 V para redes de 230 V entre fases y de 400/695 V para redes de 400 V entre fases), de tal manera que será siempre posible efectuar un arranque en estrella-triángulo del motor.

Los motores deberán cumplir, tanto en dimensiones y formas constructivas, como en la asignación de potencia a los diversos tamaños de carcasa, con las recomendaciones europeas IEC y las normas UNE, DIN y VDE. Las normas UNE específicas para motores son la 20.107, 20.108, 20.111, 20.112, 20.113, 20.121, 20.122 y 20.324.

Para la instalación en el suelo se usará normalmente la forma constructiva B-3, con dos platos de soporte, un extremo de eje libre y carcasa con patas. Para montaje vertical, los motores llevarán cojinetes previstos para soportar el peso del rotor y de la polea.

La clase de protección se determina en las normas UNE 20.324 y DIN 40.050. Todos los motores deberán tener la clase de protección IP 44 (protección contra contactos accidentales con herramienta y contra la penetración de cuerpos sólidos con diámetro mayor de 1 mm, protección contra salpicaduras de agua proveniente de cualquier dirección), excepto para instalación a la intemperie o en ambiente húmedo o polvoriento y dentro de unidades de tratamiento de aire, donde se usarán motores con clase de protección IP 54 (protección total contra contactos involuntarios de cualquier clase, protección contra depósitos de polvo, protección contra salpicaduras de agua proveniente de cualquier dirección).

Los motores con protecciones IP 44 e IP 54 son completamente cerrados y con refrigeración de superficie.

Todos los motores deberán tener, por lo menos, la clase de aislamiento B, que admite un incremento máximo de temperatura de 80 °C sobre la temperatura ambiente de referencia de 40 °C, con un límite máximo de temperatura del devanado de 130 °C.

El diámetro y longitud del eje, las dimensiones de las chavetas y la altura del eje sobre la base estarán de acuerdo a las recomendaciones IEC.

La calidad de los materiales con los que están fabricados los motores serán las que se indican a continuación:

- Carcasa: de hierro fundido de alta calidad, con patas solidarias y con aletas de refrigeración.
- Estator: paquete de chapa magnética y bobinado de cobre electrolítico, montados en estrecho contacto con la carcasa para disminuir la resistencia térmica al paso del calor hacia el exterior de la misma. La impregnación del bobinado para el aislamiento eléctrico se obtendrá evitando la formación de burbujas y deberá resistir las solicitaciones térmicas y dinámicas a las que viene sometido.
- Rotor: formado por un paquete ranurado de chapa magnética, donde se alojará el devanado secundario en forma de jaula de aleación de aluminio, simple o doble.
- Eje: de acero duro.
- Ventilador: interior (para las clases IP 44 e IP 54), de aluminio fundido, solidario con el rotor, o de plástico inyectado.
- Rodamientos: de esfera, de tipo adecuado a las revoluciones del rotor y capaces de soportar ligeros empujes axiales en los motores de eje horizontal (se seguirán las instrucciones del fabricante en cuanto a marca, tipo y cantidad de grasa necesaria para la lubricación y su duración).
- Cajas de bornes y tapa: de hierro fundido con entrada de cables a través

de orificios roscados con prensa-estopas.

Para la correcta selección de un motor, que se hará par servicio continuo, deberán considerarse todos y cada uno de los siguientes factores:

- Potencia máxima absorbida por la máquina accionada, incluidas las pérdidas por transmisión.
- Velocidad de rotación de la máquina accionada.
- Características de la acometida eléctrica (número de fases, tensión y frecuencia).
- Clase de protección (IP 44 o IP 54).
- Clase de aislamiento (B o F).
- Forma constructiva.
- Temperatura máxima del fluido refrigerante (aire ambiente) y cota sobre el nivel del mar del lugar de emplazamiento.
- Momento de inercia de la máquina accionada y de la transmisión referido a la velocidad de rotación del motor.
- Curva del par resistente en función de la velocidad.

Los motores podrán admitir desviaciones de la tensión nominal de alimentación comprendidas entre el 5 % en más o menos. Si son de preverse desviaciones hacia la baja superiores al mencionado valor, la potencia del motor deberá "deratarse" de forma proporcional, teniendo en cuenta que, además, disminuirá también el par de arranque proporcional al cuadrado de la tensión.

Antes de conectar un motor a la red de alimentación, deberá comprobarse que la resistencia de aislamiento del bobinado estatórico sea superiores a 1,5 megahomios. En caso de que sea inferior, el motor será rechazado por la DO y deberá ser secado en un taller especializado, siguiendo las instrucciones del fabricante, o sustituido por otro.

El número de polos del motor se elegirá de acuerdo a la velocidad de rotación de

la máquina accionada.

En caso de acoplamiento de equipos (como ventiladores) por medio de poleas y correas trapezoidales, el número de polos del motor se escogerá de manera que la relación entre velocidades de rotación del motor y del ventilador sea inferior a 2,5.

Todos los motores llevarán una placa de características, situada en lugar visible y escrita de forma indeleble, en la que aparecerán, por lo menos, los siguientes datos:

- Potencia del motor.
- Velocidad de rotación.
- Intensidad de corriente a la(s) tensión(es) de funcionamiento.
- Intensidad de arranque.
- Tensión(es) de funcionamiento.
- Nombre del fabricante y modelo.

9. PUESTAS A TIERRA

Las puestas a tierra se establecerán con objeto de limitar la tensión que con respecto a tierra pueden presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material utilizado.

El conjunto de puesta a tierra en la instalación estará formado por:

a) Tomas de tierra. Estas a su vez estarán constituidas por:

- Electrodo artificiales, a base de "placas enterradas" de cobre con un espesor de 2 mm o de hierro galvanizado de 2,5 mm y una superficie útil de 0,5 m², "picas

verticales" de barras de cobre o de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud, o "conductores enterrados horizontalmente" de cobre desnudo de 35 mm² de sección o de acero galvanizado de 95 mm² de sección, enterrados a una profundidad de 50 cm. Los electrodos se dimensionarán de forma que la resistencia de tierra "R" no pueda dar lugar a tensiones de contacto peligrosas, estando su valor íntimamente relacionado con la sensibilidad "I" del interruptor diferencial:

$$R \leq 50 / I, \text{ en locales secos.}$$

$$R \leq 24 / I, \text{ en locales húmedos o mojados.}$$

- Línea de enlace con tierra, formada por un conductor de cobre desnudo enterrado de 35 mm² de sección.

- Punto de puesta a tierra, situado fuera del suelo, para unir la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra.

- b) Línea principal de tierra, formada por un conductor lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección, no sometido a esfuerzos mecánicos, protegido contra la corrosión y desgaste mecánico, con una sección mínima de 16 mm².

- c) Derivaciones de la línea principal de tierra, que enlazan ésta con los cuadros de protección, ejecutadas de las mismas características que la línea principal de tierra.

- d) Conductores de protección, para unir eléctricamente las masas de la instalación a la línea principal de tierra. Dicha unión se realizará en las bornas dispuestas al efecto en los cuadros de protección. Estos conductores serán del mismo tipo que los conductores activos, y tendrán una sección mínima igual a la fijada por la tabla 2 de la Instrucción ITC BT 19, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación.

Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse en serie masas o elementos metálicos. Tampoco se intercalarán seccionadores, fusibles o interruptores; únicamente se permite disponer un dispositivo de corte en los puntos de puesta a tierra, de forma que permita medir la resistencia de la toma de tierra.

El valor de la resistencia de tierra será comprobado en el momento de dar de alta la instalación y, al menos, una vez cada cinco años.

Caso de temer sobretensiones de origen atmosférico, la instalación deberá estar protegida mediante descargadores a tierra situados lo más cerca posible del origen de aquellas. La línea de puesta a tierra de los descargadores debe estar aislada y su resistencia de tierra tendrá un valor de 10 ohmios, como máximo.

10. INSPECCIONES Y PRUEBAS EN FÁBRICA.

La aparamenta se someterá en fábrica a una serie de ensayos para comprobar que están libres de defectos mecánicos y eléctricos.

En particular se harán por lo menos las siguientes comprobaciones:

- Se medirá la resistencia de aislamiento con relación a tierra y entre conductores, que tendrá un valor de al menos 1.000 ohmios por voltio de tensión nominal, con un mínimo de 250.000 ohmios.
- Una prueba de rigidez dieléctrica, que se efectuará aplicando una tensión igual a dos veces la tensión nominal más 1.000 voltios, con un mínimo de 1.500 voltios, durante 1 minuto a la frecuencia nominal. Este ensayo se realizará estando los aparatos de interrupción cerrados y los

cortocircuitos instalados como en servicio normal.

- Se inspeccionarán visualmente todos los aparatos y se comprobará el funcionamiento mecánico de todas las partes móviles.
- Se pondrá el cuadro de baja tensión y se comprobará que todos los relés actúan correctamente.
- Se calibrarán y ajustarán todas las protecciones de acuerdo con los valores suministrados por el fabricante.

Estas pruebas podrán realizarse, a petición de la DO, en presencia del técnico encargado por la misma.

Cuando se exijan los certificados de ensayo, la EIM enviará los protocolos de ensayo, debidamente certificados por el fabricante, a la DO.

11. CONTROL.

Se realizarán cuantos análisis, verificaciones, comprobaciones, ensayos, pruebas y experiencias con los materiales, elementos o partes de la instalación que se ordenen por el Técnico Director de la misma, siendo ejecutados en laboratorio que designe la dirección, con cargo a la contrata.

Antes de su empleo en la obra, montaje o instalación, todos los materiales a emplear, cuyas características técnicas, así como las de su puesta en obra, han quedado ya especificadas en apartados anteriores, serán reconocidos por el Técnico Director o persona en la que éste delegue, sin cuya aprobación no podrá procederse a su empleo. Los que por mala calidad, falta de protección o aislamiento u otros defectos no se estimen admisibles por aquél, deberán ser retirados inmediatamente. Este reconocimiento previo de los materiales no constituirá su recepción definitiva, y el Técnico Director podrá retirar en cualquier momento aquellos que presenten algún defecto no apreciado anteriormente, aún a costa, si fuera preciso, de deshacer la

instalación o montaje ejecutados con ellos. Por tanto, la responsabilidad del contratista en el cumplimiento de las especificaciones de los materiales no cesará mientras no sean recibidos definitivamente los trabajos en los que se hayan empleado.

12. SEGURIDAD.

En general, basándonos en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y las especificaciones de las normas NTE, se cumplirán, entre otras, las siguientes condiciones de seguridad:

- Siempre que se vaya a intervenir en una instalación eléctrica, tanto en la ejecución de la misma como en su mantenimiento, los trabajos se realizarán sin tensión, asegurándonos la inexistencia de ésta mediante los correspondientes aparatos de medición y comprobación.
- En el lugar de trabajo se encontrará siempre un mínimo de dos operarios.
- Se utilizarán guantes y herramientas aislantes.
- Cuando se usen aparatos o herramientas eléctricos, además de conectarlos a tierra cuando así lo precisen, estarán dotados de un grado de aislamiento II, o estarán alimentados con una tensión inferior a 50 V mediante transformadores de seguridad.
- Serán bloqueados en posición de apertura, si es posible, cada uno de los aparatos de protección, seccionamiento y maniobra, colocando en su mando un letrero con la prohibición de maniobrarlo.
- No se restablecerá el servicio al finalizar los trabajos antes de haber comprobado que no exista peligro alguno.
- En general, mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos a tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal o artículos inflamables; llevarán las herramientas o equipos en bolsas y utilizarán calzado aislante, al menos, sin herrajes ni clavos en las suelas.
- Se cumplirán asimismo todas las disposiciones generales de seguridad de

obligado cumplimiento relativas a seguridad, higiene y salud en el trabajo, y las ordenanzas municipales que sean de aplicación.

13. LIMPIEZA.

Antes de la Recepción provisional, los cuadros se limpiarán de polvo, pintura, cascarillas y de cualquier material que pueda haberse acumulado durante el curso de la obra en su interior o al exterior.

14. MANTENIMIENTO

Cuando sea necesario intervenir nuevamente en la instalación, bien sea por causa de averías o para efectuar modificaciones en la misma, deberán tenerse en cuenta todas las especificaciones reseñadas en los apartados de ejecución, control y seguridad, en la misma forma que si se tratara de una instalación nueva. Se aprovechará la ocasión para comprobar el estado general de la instalación, sustituyendo o reparando aquellos elementos que lo precisen, utilizando materiales de características similares a los reemplazados.

15. CRITERIOS DE MEDICIÓN.

Las unidades de obra serán medidas con arreglo a los especificado en la normativa vigente, o bien, en el caso de que ésta no sea suficiente explícita, en la forma reseñada en el Pliego Particular de Condiciones que les sea de aplicación, o incluso tal como figuren dichas unidades en el Estado de Mediciones del Proyecto. A las unidades medidas se les aplicarán los precios que figuren en el Presupuesto, en los cuales se consideran incluidos todos los gastos de transporte, indemnizaciones y el importe de los derechos fiscales con los que se hallen gravados por las distintas Administraciones, además de los gastos generales de la contrata. Si hubiera necesidad de realizar alguna unidad de obra no comprendida en el Proyecto, se formalizará el correspondiente precio

contradictorio.

Los cables, bandejas y tubos se medirán por unidad de longitud (metro), según tipo y dimensiones.

En la medición se entenderán incluidos todos los accesorios necesarios para el montaje (grapas, terminales, bornes, prensaestopas, cajas de derivación, etc), así como la mano de obra para el transporte en el interior de la obra, montaje y pruebas de recepción.

Los cuadros y receptores eléctricos se medirán por unidades montadas y conexas.

La conexión de los cables a los elementos receptores (cuadros, motores, resistencias, aparatos de control, etc) será efectuada por el suministrador del mismo elemento receptor.

El transporte de los materiales en el interior de la obra estará a cargo de la EIM.

14. PRESUPUESTO

14.1. INSTALACIÓN HIDRÁULICA

CAPÍTULO 01 INSTALACIÓN HIDRÁULICA

01.01 Tubería de acero DN1000 PN16.

M.I. Tubería de acero liso galvanizado. Recubrimiento interior de Cinc metálico mediante galvanizado electrolítico por inmersión o metalizado a pistola. Incluyendo materiales especiales para su colocación y soporte, montaje, colocación y prueba.

415,00 544,15 225.822,25

01.02 Tubería de acero DN1000 PN16 con recubrimiento pintura impermeable.

M.I. Tubería de acero liso galvanizado. Protegida con pintura de Cinc mediante la imprimación de una capa de cinc metálico aplicado a pistola con espesor de 2 mm, una capa intermedia de pintura rica en cinc de aglomerante orgánico y un acabado de pintura impermeable. Incluyendo materiales especiales para su colocación y soporte, montaje, colocación y prueba.

15,00 603,84 9.057,60

01.03 Bomba centrífuga 132kW

Ud. Bomba centrífuga de la marca y modelo Ideal Topi CHP 150 – 460, o similar. De cámara partida, una sola etapa, con las bridas de aspiración e impulsión fundidas en su cuerpo inferior para permitir un fácil acceso y desmontaje de las partes móviles evitando la desconexión de las tuberías. Aspiración DN200 PN16, Impulsión DN150 PN16. A 1450 rpm: Altura máxima de bombeo 70m, velocidad máxima 160 l/s. Completamente montado e instalado incluyendo accesorios para su unión en la estación de bombeo.

3,00 21.899,01 65.697,03

01.04 Bomba centrífuga 182kW

Ud. Bomba centrífuga de la marca y modelo Ideal Topi CHP 250 – 480, o similar. De cámara partida, una sola etapa, con las bridas de aspiración e impulsión fundidas en su cuerpo inferior para permitir un fácil acceso y desmontaje de las partes móviles evitando la desconexión de las tuberías. Aspiración DN300 PN16, Impulsión DN250 PN16. A 1450 rpm: Altura máxima de bombeo 70m, velocidad máxima 360 l/s. Completamente montado e instalado incluyendo accesorios para su unión en la estación de bombeo.

5,00 29.321,19 146.695,95

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMOPORTE
01.05	Colector aspiración acero inoxidable DN 1200 PN16. Ud. Colector de DN1200 ramificada en 2 DN1000. Hecho por encargo con todos sus elementos auxiliares juntas y montaje. Recubrimiento interior con tratamiento de pintura alimentaria 250µm y exterior de pintura EPOXI rica en Zinc 50µm, poliamida 50µm y polieuretano alifático 50µm, total 150µm. Completamente montado e instalado incluyendo accesorios para su unión en la estación de bombeo.	1,00	9.043,20	9.043,20
01.06	Colector impulsión acero inoxidable DN 1200 PN16. Ud. Colector de DN1200. Hecho por encargo con todos sus elementos auxiliares juntas y montaje. Recubrimiento interior con tratamiento de pintura alimentaria 250µm y exterior de pintura EPOXI rica en Zinc 50µm, poliamida 50µm y polieuretano alifático 50µm, total 150µm. Completamente montado e instalado incluyendo accesorios para su unión en la estación de bombeo.	1,00	3.330,53	3.330,53
01.07	Válvula de aire DN 80. Ud. Válvula de aire. Ventosa de 3 funciones, automática, para gran caudal de aire. Ventex Saint Gobin, o similar, DN80 PN16. Incluye válvula de compuerta DN80 PN16. Completamente montada e instalada incluyendo accesorios para su unión en la estación de bombeo.	10,00	1.003,17	10.031,70
01.08	Válvula de compuerta DN 350. Ud. Válvula de compuerta. Válvulas de mariposa Belgicast, o similar, DN350 PN16 L=78mm. Completamente montada e instalada incluyendo accesorios para su unión en la estación de bombeo.	16,00	489,83	7.8837,28
01.09	Válvula de retención DN 350. Ud. Válvula de retención. Válvula de retención IRUA, o similar, DN350 PN10 L=386mm. Completamente montada e instalada incluyendo accesorios para su unión en la estación de bombeo.	8,00	544,91	4.359,28
01.10	Manómetro esfera. Ud. Manómetro de acero inoxidable de uso general Swaelog o similar.. Esfera de 63mm, rellenable de líquido.Completamente montada e instalada incluyendo accesorios para su unión en la estación de bombeo.	10,00	34,15	341,50

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMOPORTE
01.11	Válvula de pie DN 1000. Ud. Válvula de pie. Marca Belgicast, o similar, DN1000 PN16 L=78mm. Incluye filtros. Recubrimiento interior y exterior con tratamiento de pintura impermeable. Completamente montada e instalada incluyendo accesorios para su unión en la estación de bombeo.	1,00	835,88	835,88
01.12	Válvula de descarga DN 350. Ud. Válvula de descarga. Válvula de descarga IRUA, o similar, DN350 PN16. Completamente montada e instalada incluyendo accesorios para su unión en la estación de bombeo.	2,00	302,61	605,22
01.13	Codo acero DN1000 Ud. Codo 120° acero liso galvanizado. Protegida con pintura de Zinc mediante la imprimación de una capa de cinc metálico aplicado a pistola con espesor de 2 mm, una capa intermedia de pintura rica en cinc de aglomerante orgánico y un acabado de pintura impermeable. Incluyendo materiales especiales para su colocación y soporte, montaje, colocación y prueba.	1,00	346,30	346,30
01.14	Ajuste de diámetro DN350 – DN300. Ud. Ajuste de diámetro de acero liso. Recubrimiento interior de Zinc metálico mediante galvanizado electrolítico por inmersión o metalizado a pistola. Incluyendo materiales especiales para su colocación y soporte, montaje, colocación y prueba.	5,00	153,82	769,10
01.15	Ajuste de diámetro DN350 – DN250. Ud. Ajuste de diámetro de acero liso. Recubrimiento interior de Zinc metálico mediante galvanizado electrolítico por inmersión o metalizado a pistola. Incluyendo materiales especiales para su colocación y soporte, montaje, colocación y prueba.	5,00	142,05	710,25
01.16	Ajuste de diámetro DN350 – DN200. Ud. Ajuste de diámetro de acero liso. Recubrimiento interior de Zinc metálico mediante galvanizado electrolítico por inmersión o metalizado a pistola. Incluyendo materiales especiales para su colocación y soporte, montaje, colocación y prueba.	3,00	124,00	372,00

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMOPORTE
01.17	Ajuste de diámetro DN350 – DN150. Ud. Ajuste de diámetro de acero. Recubrimiento interior de Cinc metálico mediante galvanizado electrolítico por inmersión o metalizado a pistola. Incluyendo materiales especiales para su colocación y soporte, montaje, colocación y prueba.	3,00	122,61	367,83
01.18	Ajuste de diámetro DN1000 – DN1200. Ud. Ajuste de diámetro de acero. Recubrimiento interior de Cinc metálico mediante galvanizado electrolítico por inmersión o metalizado a pistola. Incluyendo materiales especiales para su colocación y soporte, montaje, colocación y prueba.	2,00	578,84	1.157,68
01.19	Seguridad e Higiene. Elementos necesarios según estudio básico de seguridad y salud. Protecciones colectivas, individuales, en las instalaciones y demás.	1,00	15.578,84	15.578,84

TOTAL CAPÍTULO 01 INSTALACIÓN HIDRÁULICA 502.869,16€

14.2. INSTALACIÓN HIDRÁULICA

CAPÍTULO 02 INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN

02.01 Derivación Individual, directa desde Trafo.

M.I. Derivación individual realizada mediante conductores de cobre unipolares tipo RZ1-K 0.6/1 KV y sección 6(3x1x240+1x120) mm², en sistema trifásico (3 fases y neutro), en canalización subterránea bajo tubo (sin incluir ésta) incluso p.p. de pequeño material. Totalmente instalada incluso conexión a los bornes de baja tensión transformador y cuadro de baja tensión.

20,00	274,15	5.483,00
-------	--------	----------

02.02 Circuito a Cuadro Oficinas

M.I. Circuito de acometida a Cuadro "Bombas 2" realizada mediante conductores de cobre unipolares tipo RV 0.6/1 KV y sección 3(3x1x240+1x120) mm², en sistema trifásico (3 fases y neutro), en canalización subterránea bajo tubo (sin incluir ésta) incluso p.p. de pequeño material. Totalmente instalada.

25,00	128,84	3.221,00
-------	--------	----------

02.03 Cuadro General "Bombas"

Ud. Cuadro eléctrico formado por:

- 4 envolventes metálicas mod. QUIXTRA 4000 2000X2400X600 o similar, tendrá placa de montaje, grado de protección IP-55, chapa galvanizada con revestimiento de resina epoxy RAL 7032.
- 1 Interruptor general protección salida trafo marca GE o similar modelo Entelliguard-2500 corriente máxima de empleo 2500 A de IV polos, poder de Corte de 50 KA, 400 V de tensión de servicio, según normas CEI 60947.2, equipado con transformador y relé diferencial de 300 mA.
- 1 Interruptor automático magnetotérmico marca GE o similar, modelo EP60 IV polos 40 A., para protección de línea de alimentación a Cuadro Oficinas.
- 2 Interruptor automático magnetotérmico marca GE o similar, modelo EP60 IV polos 30 A., para protección de líneas de alimentación a Ventiladores
- 11 interruptor diferencial marca GE o similar modelo FP de IV polos 40 A, 300 mA. Clase AC.
- 8 amperímetros de 72x72 de relación X/5 con 1,5 veces la intensidad nominal, dos de 320 A.

1,00	58.899,01	58.899,01
------	-----------	-----------

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMOPORTE
02.04	<p>Cuadro "Oficinas".</p> <p>Este cuadro estará formado por:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Envolverte estanca de dimensiones 380x220x140, grado de protección IP-55, - Un Interruptor automático magnetotérmico marca GE o similar, modelo EP60 curva "C" IV polos 40 A., en cabecera. - Un Interruptor automático magnetotérmico marca GE o similar, modelo EP60 curva "C" IV polos 30 A., para protección de los circuitos de los cuadros de tomas de corriente de la nave y el del puente grúa. - Un Interruptor automático magnetotérmico marca GE o similar, modelo EP60 curva "C" 2 polos 30 A., para protección de los circuitos del alumbrado de la nave. - Dos Interruptor automático magnetotérmico marca GE o similar, modelo EP60 curva "C" 2 polos 16 A., para protección de los circuitos de oficinas y aseos. - Un Interruptor automático magnetotérmico marca GE o similar, modelo EP60 curva "C" 2 polos 10 A., para protección de los circuitos de oficinas y aseos. 	1,00	391,00	391,00
02.05	<p>Autómata Control Bombeo.</p> <p>Ud. Autómata programable para control de Bombeo Schneider electric o similar, con unidad CPU 160 KB, 1024 DIG 8, tarjeta memoria 128 K, Fuente de alimentación 110/220 V AC 26 W, 64 entradas de 24 V DC, 32 salidas 24 V DC, entradas analógicas, salidas analógicas, Bornero, tornillería, módulos, totalmente cableado e instalado.</p>	1,00	9.043,20	9.043,20
02.06	<p>Circuito Bomba 132 kW 4x120+TTx70 mm2 (0,6/1Kv).</p> <p>M.I.. Circuito eléctrico realizado mediante conductores de cobre unipolares aislados para una tensión nominal de 0,6/1 kV. y sección 4x1x120+TTx70 mm2) en sistema trifásico, montado bajo canalización subterránea (sin incluir ésta), incluso p./p. de cajas de derivación y pequeño material.</p>	33,00	30,53	1.007,49
02.07	<p>Circuito Bomba 185 kW 4x240+TTx120 mm2 (0,6/1Kv).</p> <p>M.I.. Circuito eléctrico realizado mediante conductores de cobre unipolares aislados para una tensión nominal de 0,6/1 kV. y sección 4x1x240+TTx120 mm2, en sistema trifásico, montado bajo canalización subterránea (sin incluir ésta), incluso p./p. de cajas de derivación y pequeño material.</p>	66,00	53,17	3.509,22
02.08	<p>Circuito 4x6+TTx6 mm2 (0,6/1Kv).</p> <p>M.I.. Circuito eléctrico realizado mediante conductores de cobre unipolares aislados para una tensión nominal de 0,6/1 kV. y sección 4x1x2,5+TTx2,5 mm2, en sistema trifásico (fase y tierra), montado en canalización subterránea (sin incluir ésta), incluso p./p. de cajas de derivación y pequeño material.</p> <p>Nota: Se valora circuito 4x6 + TTx6 mm² (0,6/1 kV)</p>	84,00	3,83	321,72

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMOPORTE
02.09	Circuito 4x2,5+TTx2,5 mm2 (0,6/1Kv) bajo tubo Sup. M.I.. Circuito eléctrico realizado mediante conductores de cobre unipolares aislados para una tensión nominal de 0,6/1 kV. y sección 4x1x2,5+TTx2,5 mm2, en sistema trifásico, montado bajo tubo sup., incluso p./p. de cajas de derivación y pequeño material.	204,00	4,91	1.001,64
02.10	Circuito 2x2,5+TTx2,5 mm2 (0,6/1Kv) Bajo Tubo Sup. M.I.. Circuito eléctrico realizado mediante conductores de cobre unipolares aislados para una tensión nominal de 0,6/1 kV. y sección 2x1x2,5+TTx2,5 mm2, en sistema monofásico, montado bajo tubo superficial, incluso p./p. de cajas de derivación y pequeño material.	75,00	3,67	275,25
02.11	Circuito 2x4+TTx4 mm2 (0,6/1Kv) Bajo Tubo Sup. M.I.. Circuito eléctrico realizado mediante conductores de cobre unipolares aislados para una tensión nominal de 0,6/1 kV. y sección 2x1x2,5+TTx2,5 mm2, en sistema monofásico, montado bajo tubo superficial, incluso p./p. de cajas de derivación y pequeño material.	80,00	3,88	310,40
02.12	Circuito 2x1,5+TTx1,5 mm2 (0,6/1Kv) Bajo Tubo Sup. M.I.. Circuito eléctrico realizado mediante conductores de cobre unipolares aislados para una tensión nominal de 0,6/1 kV. y sección 2x1x1,5+TTx1,5 mm2, en sistema monofásico, montado bajo tubo superficial, incluso p./p. de cajas de derivación y pequeño material.	75,00	3,61	270,75
02.13	Puesta a tierra Ud. Red de toma de tierra de los cuadros de baja tensión realizada mediante anillo de cable de cobre desnudo de 50 mm2 y picas de acero cobrizado de D= 14,3 mm. y 2 m., registro de comprobación y puente de prueba. Totalmente instalada y conexionada.	1,00	346,30	346,30
02.14	Punto luz sencillo jung-as 500. Ud. Punto luz sencillo realizado en tubo PVC corrugado M 20/gp5 y conductor de cobre unipolar aislados para una tensión nominal de 750 V. y sección 1,5 mm2., incluido, caja registro, caja mecanismo universal con tornillo, interruptor unipolar JUNG 501 U con tecla JUNG-AS 590 y marco respectivo, totalmente montado e instalado.	5,00	24,82	124,10
02.15	Luminaria difusor v 2x58 w. Ud. Luminaria de superficie de 2x58W con difusor en V, cuerpo en chapa esmaltada en blanco, electrificación con:reactancia, regleta de conexión con toma de tierra, cebadores.etc,incluso lámparas fluorescentes trifósforo(alto rendimiento) sistema de cuelgue, replanteo, pequeño material y conexionado.			

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMOPORTE
02.16	Foco emp. halóg. 20-50 w. fijo/orien. Ud. Foco empotrable HALOGENO 20-50 W. fijo, cuerpo abierto/cerrado, reflector en luna en aluminio purísimo de alta rendimiento color a elegir, con lámpara HALOGENA 20-50 W./12v fija, i/transformador, replanteo, sistema de fijación, pequeño material y conexionado.	1,00	24,00	24,00
02.17	Emergen. daisalux nova n3 150 lúm. Ud. Bloque autónomo de emergencia IP44 IK 04, modelo DAISALUX serie Nova N3, de superficie o empotrado, de 150 Lúm. con lámpara de emergencia FL. 8W, con caja de empotrar blanca o negra, o estanca (IP66 IK08), con difusor biplano opal o transparente. Piloto testigo de carga LED blanco. Autonomía 1 hora. Equipado con batería Ni-Cd estanca de alta temperatura. Base y difusor contruidos en policarbonato resistente a la prueba del hilo incandescente 850°C. Opción de telemando. Construido según normas UNE 20-392-93 y UNE-EN 60598-2-22. Etiqueta de señalización, replanteo, montaje, pequeño material y conexionado.	6,00	42,61	255,66
02.18	Emergen. Daisalux nova n8 435 lúm. Ud. Bloque autónomo de emergencia IP44 IK 04, modelo DAISALUX serie Nova N8, de superficie o empotrado, de 435 Lúm. con lámpara de emergencia FL. 8W, con caja de empotrar blanca o negra, o estanca (IP66 IK08), con difusor biplano opal o transparente. Piloto testigo de carga LED blanco. Autonomía 1 hora. Equipado con batería Ni-Cd estanca de alta temperatura. Base y difusor contruidos en policarbonato resistente a la prueba del hilo incandescente 850°C. Opción de telemando. Construido según normas UNE 20-392-93 y UNE-EN 60598-2-22. Etiqueta de señalización, replanteo, montaje, pequeño material y conexionado.	4,00	78,84	315,76
02.19	Lum. descarga colgante 400 w. vm Ud. Luminaria industrial (instalación en naves de fabricación, talleres, ...etc) de descarga vapor de mercurio 400 w., para colgar en estructura, CRA de CARANDINI con equipo eléctrico incorporado, protección IP 65 clase I, compuesta de: alojamiento de equipo en fundición de aluminio, reflector esférico D= 55 cm. en aluminio anodizado sin cierre de cristal, i/ lámpara de vapor de mercurio HME de 400 w., sistema de cuelgue, replanteo, pequeño material y conexionado.	9,00	176,01	1.584,09
02.20	Base ench. jung-wg 600 tubo pvc. Ud. Base enchufe estanca de superficie con toma tierra lateral de 10/16A(II+T.T) superficial realizado en tubo PVC rígido M 20/gp5 y conductor de cobre unipolar, aislados para una tensión nominal de 750V. y sección 2,5 mm2 (activo, neutro y protección), incluido caja de registro "plexo" D=70 toma de corriente superficial JUNG-WG 600 y regletas de conexión, totalmente montado e instalado.	12,00	24,73	296,76

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMOPORTE
02.21	Cuadro tomas de corriente. Ud. Cuadro de Tomas de Corriente formado por: Una caja IDE, un Interruptor diferencial de 40A / 30mA, un PIA de 3x16 A, un PIA de 2x16 A, dos bases de 3P+TT de 16 A y dos bases schuko 2P de 16 A. Totalmente montado y conexionado.	4,00	182,10	728,40
02.22	Seguridad e Higiene. Elementos necesarios según estudio básico de seguridad y salud. Protecciones colectivas, individuales, en las instalaciones y demás.	1,00	18.978,84	15.578,84

TOTAL CAPÍTULO 02 BAJA TENSION 106.677,03€

TOTAL 609.546,19€

El presupuesto total de este proyecto asciende a la cantidad de SEISCIENTOS NUEVE MIL QUINIENTOS CUARENTA Y SEIS CON DIECINUEVE EUROS.

Leganés a 29 de Mayo de 2014
El ingeniero proyectista

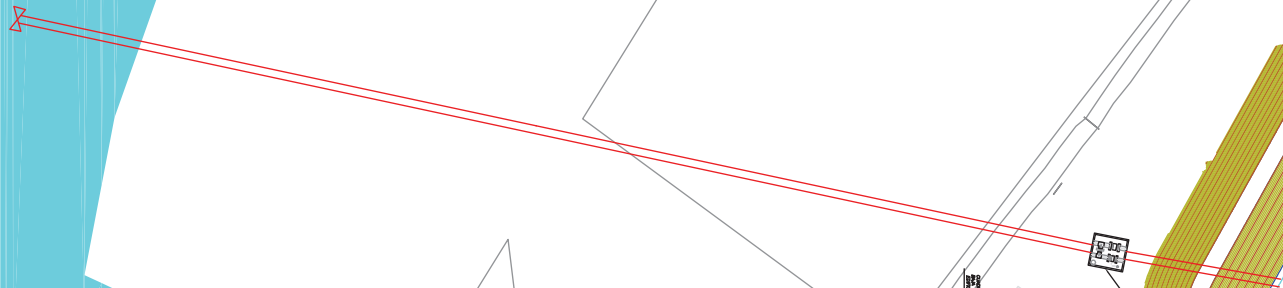
Fdo. Mario González Collados





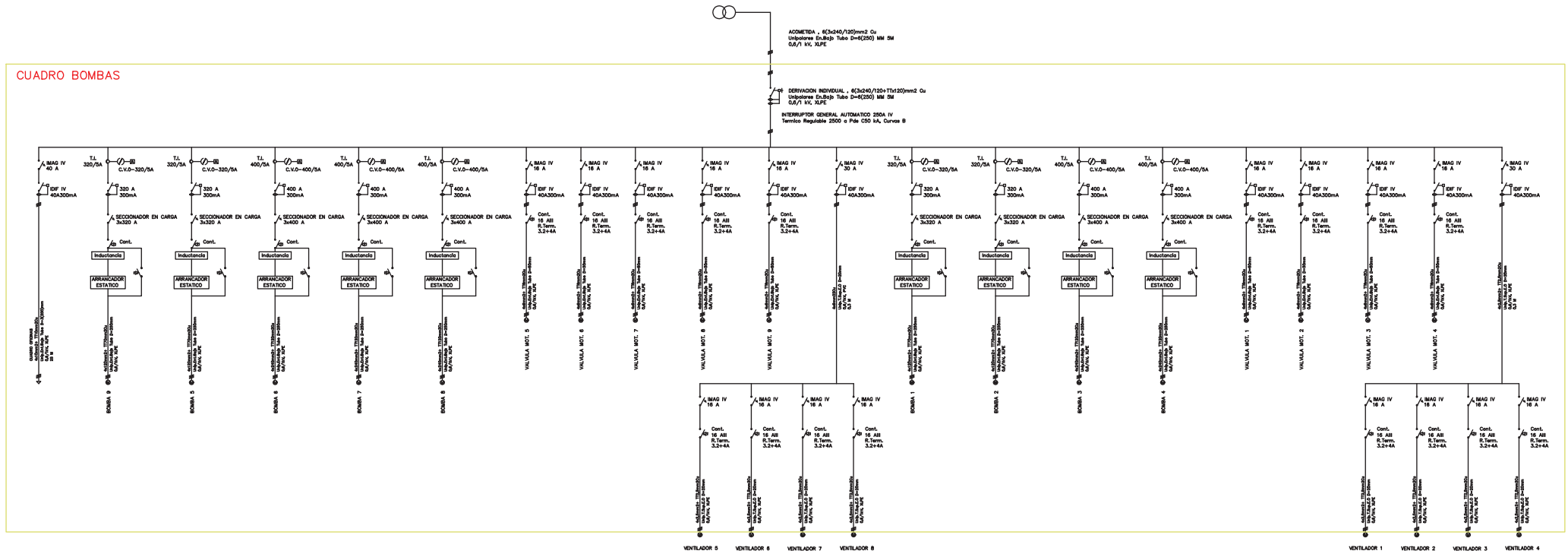
PLANO	PLANO EMPLAZAMIENTO	ESCALA: 1:15.000
ASUNTO	ESTACION DE BOMBEO PARA AGUA DE RIEGO	
PETICIONARIO	UC3M	Nº PROYECTO: -
DIRECCION	EL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL	
CARRETERA SAN BLAS CAMINO DEL PANTANO JUNTO A EMBALSE DEL ARQUILLO DE SAN JUAN		MARIO GONZALEZ COLLADOS
SAN BLAS (TERUEL)	FECHA	MAYO 2014
		PLANO N.º 2

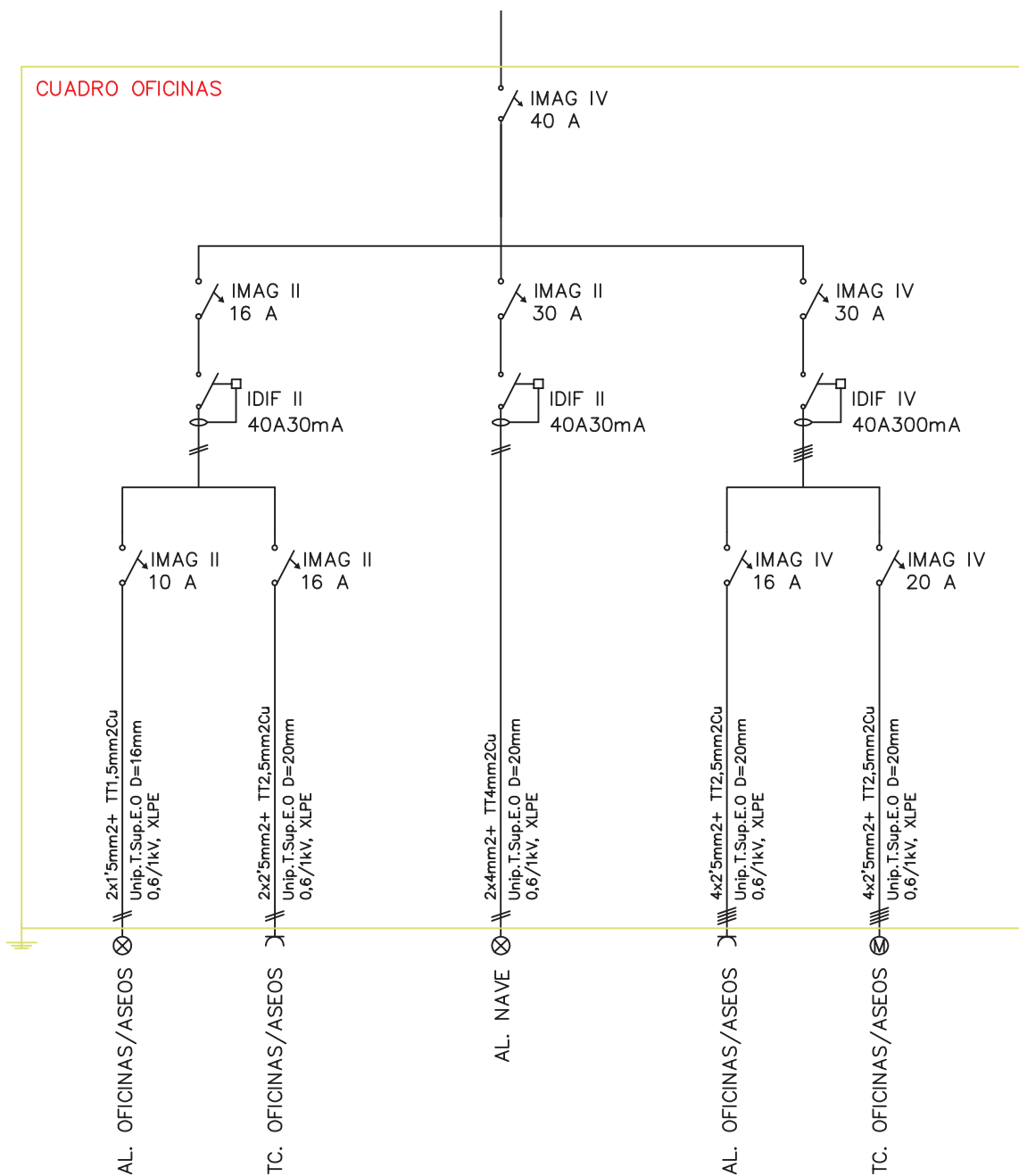




PLANO	PLANO PLANTA 1	ESCALA:	1/1
ASUNTO	ESTACION DE BOMBEO PARA AGUA DE RIEGO	# PROYECTO:	UC3M
PETICIONARIO	UC3M	EL INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL	MARIO GONZALEZ COLLADOS
CONTRATO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DEL BARRIO DE SAN BLAS (TERREJO) CENTRO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNICO DE LA UCA		FECHA	MAYO 2014
		PLANO N°	

CUADRO BOMBAS





PLANO

ESQUEMA UNIFILAR CUADRO OFICINAS

ESCALA: S/N

ASUNTO

ESTACION DE BOMBEO PARA AGUA DE RIEGO

PETICIONARIO

UC3M

Nº PROYECTO: -

DIRECCION:

CARRETERA SAN BLAS-CAMINO DEL PANTANO
JUNTO A EMBALSE DEL ARQUILLO DE SAN JUAN

EL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL

MARIO GONZALEZ COLLADOS

SAN BLAS (TERUEL)

FECHA

MAYO 2014

PLANO N: